



मनोविकास प्रकाशन

शो धां च्या क था कृष्णविवरे आयझॅक आसिमॉव्ह

अंतराळातील 'कृष्णविवरे' म्हणजे काय ?
ती खरोखरच अस्तित्वात आहेत का? ती कशी निर्माण झाली?
काहीना त्यांचा विचार देखील भयावह वाटतो.
खगोलशास्त्रज्ञांनी शक्तिशाली दुर्बिणींच्या साहाय्याने हे गूढ
कसे उकलले, ते आयझॅक आसिमॉव्ह आपल्या रंजक झेतीत
समजावून सांगतात. त्याचबरोबर श्वेतबटू, पल्सर व महाकाय
ताल ताऱ्यांची देखील ओळख करून देतात.

अनुवाद-सुजाता गोडबोले



शोधान्च्या कथा

कृष्ण विवरे

आयर्क्षेक आसिर्माव्ह
अनुवाद: सुजाता गोडबोले



मनोविकास प्रकाशन

शोधांच्या कथा
कृष्णविवरे

Shodhanchya katha
Krishnavivare

प्रकाशक

अरविंद धनश्याम पाटकर,
मनोविकास प्रकाशन,
फ्लॅट नं. ३ ए,
३ रा मजला, शक्ती टॉवर,
६७२ नारायण पेठ,
पुणे - ४११०३०

पुणे फोन : ०२०- ६५२६२९५०

मुंबई फोन : ०२२-६४५०३२५३

E-mail-manovikaspublication@gmail.com

© हक्क सुरक्षित

मुखपृष्ठ

गिरीश सहस्रबुद्धे

प्रथम आवृत्ती

२८ फेब्रुवारी २००८

अक्षरजुळणी

सौ. भायश्री सहस्रबुद्धे, पुणे.

मुद्रक

श्री बालाजी एंटरप्राईझेस, पुणे

मूल्य

रुपये ३५

अनुक्रममणिका

१ | श्वेत
बट्ट-४

२ | सीमा
आणि स्फोट-१७

३ | पत्सर आणि
न्युट्रॉन तारे-२३

४ | भरती-ओहोटी व गुरुत्वाकर्षणाबाहेर
पडण्याची गती-३३

५ | कृष्णविवरांची
निर्मिती-३८

६ | कृष्ण विवरांचा
शोध-४२

१ | श्वेत बटू

फ्रेडरिक विल्हेम बेसेल या जर्मन खगोलशास्त्रज्ञाने १८४४ साली एका न दिसणाऱ्या ताऱ्याचा शोध लावला.

त्याचे असे झाले.

आकाशात आपल्याला दिसणारे सर्व तारे इकडे तिकडे फिरत असतात. पण ते आपल्यापासून इतके दूर असतात की त्यांची हालचाल खूप संथ वाटते. दुर्बिणीतून काळजीपूर्वक मोजमापे घेतल्यावर त्यांच्या स्थानातील सूक्ष्म फरकावरूनच ही गती लक्षात येते.

दुर्बिणीच्या वापरानेही यात फारसा फरक पडत नाही. जवळच्या ताऱ्यांच्या स्थानातील फरकच केवळ लक्षात येऊ शकतो. दूरचे, धूसर तारे इतक्या प्रचंड अंतरावर असतात की त्यांची काही हालचाल होत असेल असे वाटतही नाही.

‘सीरियस’ म्हणजे व्याध हा तारा आपल्या सर्वात जवळ असलेल्या ताऱ्यांपैकी एक आहे. तो ८००० अब्ज किलोमीटर अंतरावर असला तरी ताऱ्यांच्या अंतराचा विचार करता तो जवळच आहे. तो आकाशातील सर्वात तेजस्वी तारा असण्याचे एक कारण तो आपल्या जवळ आहे हेही आहे. दुर्बिणीतून त्याची गती सहजपणे मोजता येते.

पृथ्वी जशी सूर्याभोवती फिरते तसतसे तारे आपल्याला निराळ्या कोनातून दिसू लागतात म्हणून बेसेलला या गतीचा काळजीपूर्वक अभ्यास करावयाचा होता. पृथ्वीच्या गतीमुळे, एखादा तारा सरळ रेषेत जाण्याऐवजी ती रेषा थोडी फार वळणावळणाची, नागमोडी, असल्याप्रमाणे दिसते. तारा जितका जवळ असेल तितकी ती रेषा अधिक

४ | शोधांच्या कथा | कृष्णविवरे

नागमोडी. ही नागमोडी वळणे जर काळजीपूर्वक मोजली तर त्यावरून ताऱ्याच्या अंतराचे गणित मांडता येते. बेसेलला यात खास रुची होती. एखाद्या ताऱ्याचे अंतर मोजणारा तो खरे तर पहिलाच खगोलशास्त्रज्ञ होता. हे काम त्याने १८३८ साली केले.

त्यानंतर त्याने व्याधाच्या गतीतील नागमोडी वळणे मोजायचे ठरविले. अनेक रात्रीतून त्याने व्याधाच्या स्थानाचा अभ्यास केला असता त्याच्या अपेक्षेपेक्षा ही वळणे अधिक आहेत असे त्याच्या लक्षात आले. पृथ्वी सूर्याभोवती फिरत असल्यामुळे हे स्थान बदलत होते... पण पृथ्वीशी संबंध नसलेले आणखीही एक कारण या सूक्ष्म बदलामागे होते.

या नव्या गतीच्या अभ्यासावर बेसेलने अधिक लक्ष केंद्रित केल्यावर त्याला असे आढळले की पृथ्वी जशी सूर्याभोवती फिरते त्याचप्रमाणे व्याधदेखील आणखी कशाच्या तरी भोवती फिरत आहे. ही फेरी पूर्ण करण्यास व्याधाला ५० वर्षे लागत असावीत असे गणितावरून त्याने ताडले.

परंतु व्याध या कक्षेत का बरे फिरत असेल?

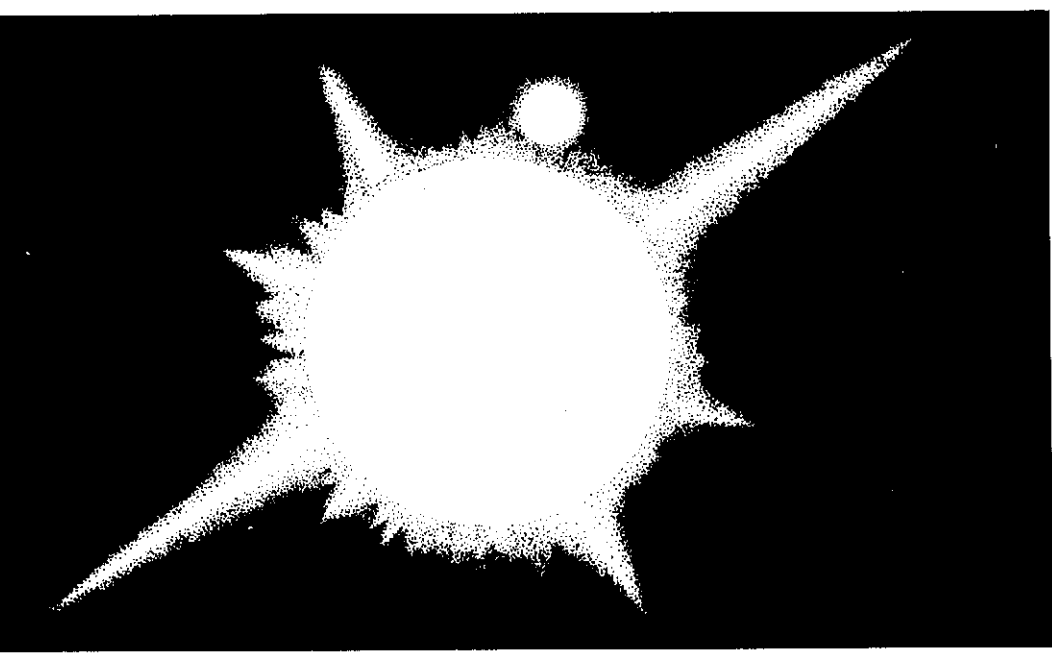
सूर्याच्या शक्तिशाली गुरुत्वाकर्षणामुळे पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते. म्हणजे व्याधदेखील दुसऱ्या कशाच्या तरी गुरुत्वाकर्षणाच्या प्रभावाखाली आला असणार.

व्याधाचे वस्तुमान हे आपल्या सूर्याच्या अडीचपट आहे. (वस्तुमान म्हणजे एखाद्या पदार्थातील एकूण द्रव्य)

व्याध ज्या पद्धतीने फिरत होता त्यावरून तो दुसऱ्या एखाद्या मोठ्या ताऱ्याच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या प्रभावाखाली असणार. याचाच अर्थ असा होतो की व्याध आणि त्याचा जोडीदार तारा एकमेकांभोवती फिरत असणार. आपण व्याधाला व्याध-अ आणि त्याच्या जोडीदाराला व्याध-ब अशी नावे देऊया.

शोधांच्या कथा | कृष्णविवरे | ५

व्याध- अ व त्याचा छोटा जोडीदार व्याध- ब



शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे । ७

व्याध-अ ज्या तऱ्हेने फिरत होता त्यावरून त्याचा जोडीदार व्याध-ब हा आपल्या सूर्याएवढा असणार.

तरीही बेसेलला व्याध-ब दिसत नव्हता. मात्र तो असायलाच हवा, कारण त्याशिवाय गुरुत्वाकर्षण कसे असेल. व्याध-ब हा अर्धवट जळून गेलेला तारा असेल असे बेसेलने अनुमान केले. तो आता चमकत नसल्यामुळे दिसू शकत नसेल. त्याने त्याला व्याधाचा 'काळा जोडीदार' (डार्क कम्पॅनियन) असे नाव दिले.

त्यानंतर 'प्रोस्यॉन' म्हणजे 'प्रश्व' या ताऱ्याच्या भ्रमणक्षेवरून, त्यालादेखील असाच एक काळा जोडीदार तारा प्रोस्यॉन-ब असणार असे बेसेलच्या लक्षात आले. बेसेलने त्याला न दिसणाऱ्या दोन ताऱ्यांचा शोध लावला होता.

१८६२ साली अँल्वेन गॅहॅम क्लार्क हा अमेरिकन दुर्बीण उत्पादक एका नव्या दुर्बीणीसाठी भिंग बनवत होता. दुर्बीणीसाठी वापरण्याचे अशा तऱ्हेचे भिंग अतिशय उत्तम प्रकारे घासून तयार करावे लागते म्हणजेच त्यातून तारे स्पष्टपणे दिसू शकतात.

हे भिंग तयार झाल्यावर चाचणी घेण्यासाठी त्याने व्याध स्पष्टपणे दिसतो का हे पाहायचे ठरवले. व्याधाकडे पाहताना त्याच्याजवळ एक अंधुकसा प्रकाशाचा ठिपका पाहून त्याला आश्चर्य वाटले. हा जर एक तारा असेल तर तो त्याच्याकडील ताऱ्यांच्या कोणत्याच नकाशावर दाखवला नव्हता. कदाचित त्याच्या दुर्बीणीतल्या दोषामुळे असे दिसत असेल असे त्याला वाटले.

भिंग कितीही काळजीपूर्वक घासले तरी हा प्रकाशाचा ठिपका काही जात नव्हता. दुसऱ्या एखाद्या तेजस्वी ताऱ्याकडे पाहताना मात्र अशा तऱ्हेचा ठिपका दिसत नव्हता.

अखेर, ज्या ठिकाणी व्याधाचा जोडीदार असायला हवा होता,

६ । शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे

त्याच ठिकाणी हा ठिपका दिसत होता म्हणजे तो व्याधाच्या जोडीदाराकडेच पाहत होता असे त्याच्या लक्षात आले. व्याध-ब हा पूर्णपणे जळून गेला नव्हता, तो अजूनही प्रकाशमान होता पण व्याध-अ च्या तुलनेत त्याचा प्रकाश फक्त $1/10000$ इतकाच होता.

१८९५ साली जॉन मार्टिन शेबर्ले या जर्मन-अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञाला प्रोस्पॉन तान्याजवळ असाच धूसर प्रकाशाचा ठिपका दिसला. हा प्रोस्पॉन-ब होता आणि तो देखील पूर्णपणे जळालेला किंवा मृत नव्हता.

शेबर्लेच्या काळापर्यंत खगोलशास्त्रज्ञांना तान्याबद्दल बरीच अधिक माहिती मिळाली होती.

प्रकाशात निरनिराळ्या लांबीच्या लहरी किंवा लाटा असतात आणि खगोलशास्त्रज्ञ आता तान्याच्या प्रकाशाच्या लहरींचे त्यांच्या लांबीवरून पृथक्करण करू शकत होते. अशा प्रकारच्या पटलाला 'स्पेक्ट्रम' म्हणजे 'वर्णपट' असे म्हणतात.

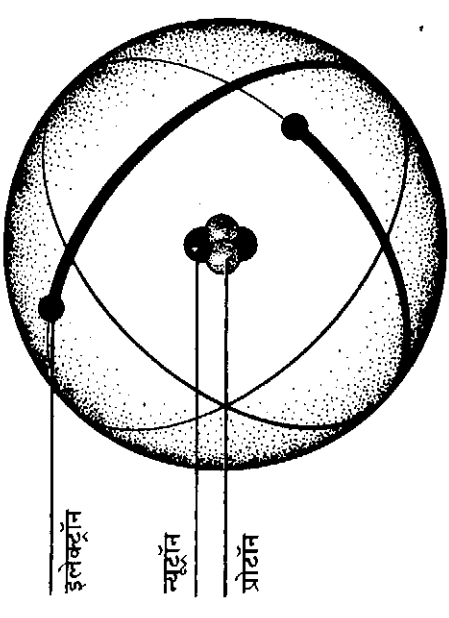
१८९३ साली विल्हेम वेन या जर्मन शास्त्रज्ञाने, प्रकाशाच्या उगमाच्या ठिकाणच्या तापमानाप्रमाणे हा वर्णपट कसा बदलतो, याचा शोध लावला. उदाहरणार्थ, एखादा तारा विझण्याच्या मार्गावर असेल तर थंड होताना तो लाल रंगाचा दिसेल. व्याध-ब जर विझणारा तारा असेल तर तो लाल दिसायला हवा, पण तो लाल नव्हता, त्याचा प्रकाश शुभ्र होता.

याचा छडा लावण्यासाठी व्याध-ब च्या वर्णपटाचा अधिक बारकाईने अभ्यास करणे जरूर होते. व्याध-ब हा अंधुक तारा व्याध-अ या तेजस्वी तान्याच्या इतका जवळ असल्यामुळे त्याच्या प्रकाशाचा वर्णपट बनविणे आणखीच कठीण होते.

तरीही १९१५ साली वॉल्टर सिडनी अँडम्स या अमेरिकन

८। शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे

हेलियमच्या अणूची रचना



खगोलशास्त्रज्ञाला व्याध-ब चा वर्णपट मिळविण्यात यश आले. त्यावरून व्याध-ब च्या पृष्ठभागाचे तापमान $4,000$ अंश सेल्सियस आढळले. म्हणजे तो आपल्या सूर्यपिक्षाही अधिक गरम आहे कारण आपल्या सूर्याच्या पृष्ठभागाचे तापमान केवळ $6,000$ अंश सेल्सियस आहे.

आपल्या सूर्यासारखा तारा जर व्याध-ब इतक्या अंतरावर असता तर तो खूप तेजस्वी दिसला असता; व्याध-अ इतका जरी नाही तरी बराच तेजस्वी दिसला असता. व्याध-ब आपल्या सूर्यपिक्षा जास्त गरम आहे म्हणून खरं तर तो आपल्या सूर्याहून अधिक तेजस्वी दिसायला हवा, पण तो तसा दिसत नाही. आपला सूर्य तेवढ्या अंतरावरून जितका तेजस्वी दिसला असता त्याच्या $1/400$ तेजच व्याध-ब ला असलेले दिसते.

शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे । ९

हे कशामुळे झाले असेल?

व्याध-ब चा पृष्ठभाग जरी खूप तेजस्वी असला तरी हा पृष्ठभाग बराच लहान असणार. म्हणजेच व्याध-ब हा अगदी छोटा तारा असला पाहिजे.

इतके उच्च तापमान असूनही तो इतका अस्पष्ट दिसतो म्हणजे तो केवळ ११,००० किलोमीटर रुंदीचा, एखाद्या मोठ्या ग्रहाएवढाच असणार. व्याध-ब च्या आकाराचे ८६ तारे एकाशेजारी एक ठेवले तर त्यांची रुंदी आपल्या सूर्याएवढी होईल. व्याध-ब शुभ्र गरम असूनही इतका छोटा आहे म्हणून त्याला 'श्वेत बटू' (व्हाइट ड्वार्फ) असे म्हणतात. प्रोस्यॉन- ब देखील श्वेत बटूच आहे.

श्वेत बटू ही आता एक सर्वसामान्य गोष्टच मानली जाते. दर ४० ताऱ्यांमध्ये एक श्वेत बटू असतो असे खगोलशास्त्रज्ञांचे मत आहे. श्वेत बटू इतके छोटे आणि अस्पष्ट असतात की आपल्या अगदी जवळचे काही थोडेच आपल्याला दिसू शकतात.

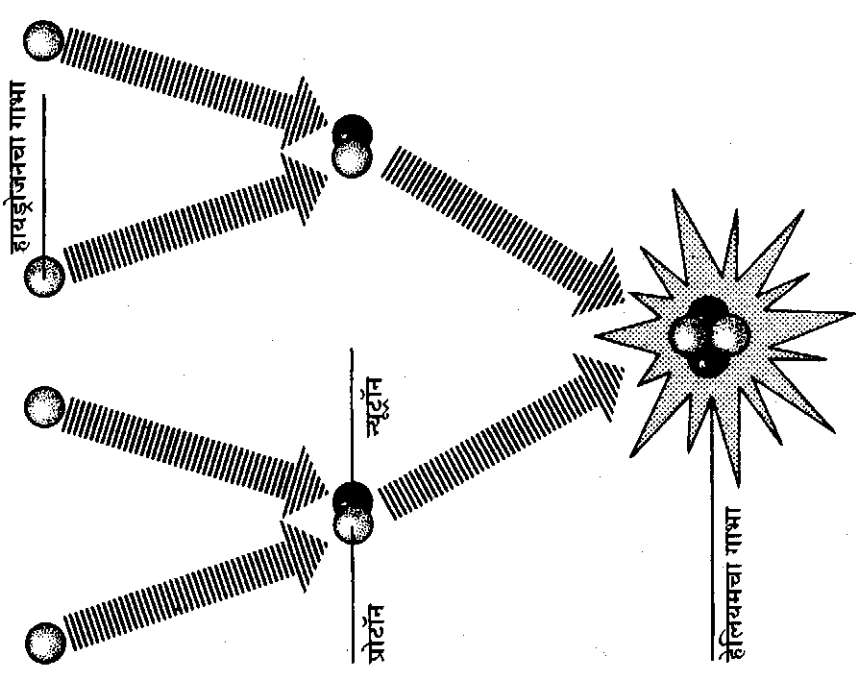
व्याध-ब जरी इतका लहान असला तरी त्याचे वस्तुमान आपल्या सूर्याइतके आहे; त्याशिवाय व्याध-अ वर त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचा प्रभाव पडला नसता.

जर आपल्या सूर्याइतका ऐवज घेऊन तो व्याध-ब च्या आकाराइतका लहान होईपर्यंत त्यावर दाब दिला तर त्याची घनता (डेन्सिटी) खूपच असेल. (विशिष्ट आकारमानात किती ऐवज ठासून भरला आहे ती त्या वस्तूची घनता किंवा डेन्सिटी)

व्याध-ब वरील एक घन सेंटीमीटर ऐवज जर पृथ्वीवर आणला तर त्याचे वजन २९,००,००० ग्रॅम भरेल. याचाच अर्थ, व्याध-ब ची घनता दर घन सेंटीमीटरला २९ लाख ग्रॅम आहे असा होतो. पृथ्वीची सर्वसाधारण, सरासरी घनता प्रत्येक घन सेंटीमीटरला ५.५ ग्रॅम इतकीच

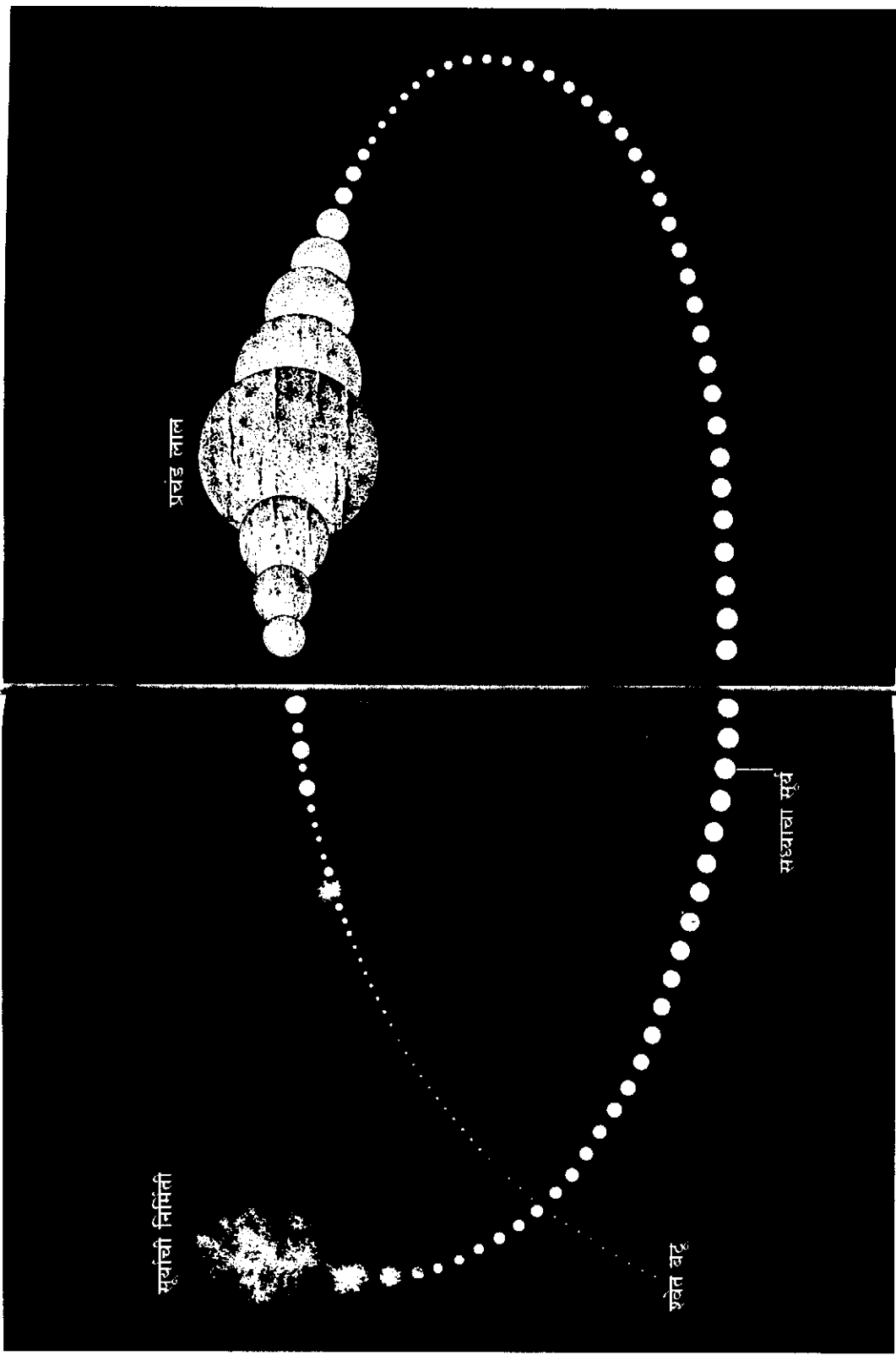
१० । शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे

हायड्रोजनच्या एकत्रीकरणातून हेलियमची निर्मिती



शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे । ११

सूर्याची स्थिती व ५००० कोटी वर्षांनंतरचा त्याचा अंत



१२। शोधांच्या कथा। कृष्णविवरे

शोधांच्या कथा। कृष्णविवरे। १३

आहे. व्याध-ब ज्या ऐवजापासून बनला आहे तो ऐवज पृथ्वीच्या ऐवजापेक्षा ५,३०,००० पटीने अधिक घन आहे.

हे अगदी आश्चर्यकारक आहे. पृथ्वीच्या घन ऐवजाचे अणू एकमेकाला चिकटून असतात. १९ व्या शतकात, अणू हे घट्ट चेंडूसारखे असतात आणि एकमेकांना चिकटून ठेवल्यावर त्यांना आणखी जवळ ढकलता येणार नाही असे शास्त्रज्ञांना वाटत होते. तसे असते तर पृथ्वीवरील वस्तूंची घनता इतर कुठल्याही वस्तूंपेक्षा असती.

परंतु १९११ साली अर्नेस्ट रदरफोर्ड या न्यूझीलंडमध्ये जन्मलेल्या शास्त्रज्ञाने असे दाखवून दिले की अणू हे घट्ट व कठीण नसतात. अणूचा छोटासा गाभाच (न्यूक्लियस) फक्त घट्ट म्हणजे सोलिड असतो. हा गाभा इतका चिमुकला असतो की एका अणूमध्ये, एकाशेजारी एक असे एक लाख गाभे मावतील.

त्याचा आकार जरी इतका छोटा असला तरी या गाभ्यात अणूचे जवळजवळ पूर्ण वस्तुमान असते.

प्रत्येक गाभ्याभोवती एक किंवा अधिक इलेक्ट्रॉन्स म्हणजे ऋण भार असलेले सूक्ष्म बिंदू किंवा परमाणू असतात आणि त्यांचे वस्तुमान अगदीच कमी असते. गाभ्याभोवती 'इलेक्ट्रॉन शेल्स' नावाच्या थरात यांची मांडणी केलेली असते.

जेव्हा दोन अणूंची गाठ पडते तेव्हा सर्वात बाहेरचे इलेक्ट्रॉन शेल किंवा कवच दुसऱ्या अणूच्या बाहेरच्या इलेक्ट्रॉन कवचाच्या संपर्कात येते. इलेक्ट्रॉन कवच हे अडथळ्यांचे काम करतात आणि अणूंना एकमेकांजवळ येण्यापासून थोपवतात.

पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणात ही परमाणूंची कवचे एकमेकांवर आदळून फुटत नाहीत. पृथ्वीच्या पोटात, केंद्रस्थानी जरी अनेक किलोमीटरपर्यंत दगड आणि खनिज धातूंचे वजन अणूवर असले तरीही ही कवचे फुटत

नाहीत.

आपल्या सूर्यासारख्या ताऱ्यावरील परिस्थिती मात्र निराळी आहे. सूर्याचे वस्तुमान पृथ्वीपेक्षा हजारो पटींनी अधिक आहे आणि त्याचे गुरुत्वाकर्षणदेखील खूपच जास्त आहे. ताऱ्याच्या मध्यभागील अणूंची ही इलेक्ट्रॉन कवचे फुटलेली असतात. मग हे परमाणू आपल्या गाभ्याभोवती न राहता सर्वत्र मुक्त संचार करतात.

याचा परिणाम म्हणून हा गाभादेखील मुक्त संचार करू लागतो. ते एकमेकांवर आपटू शकतात किंवा एकमेकांना चिकटूही शकतात, त्यामुळे जे बदल घडतात त्यातून ऊर्जा निर्माण होते. यातून इतकी प्रचंड ऊर्जा निर्माण होते की ताऱ्याच्या केंद्रातील तापमान अनेक लक्षावधी अंश असू शकते. यातील काही उष्णता त्याच्या पृष्ठभागावरून सर्व दिशांना विखुरली जाते, त्यामुळेच तो तारा आपल्याला तेजस्वीपणे चमकताना दिसतो. अशा तऱ्हेने निर्माण झालेल्या उष्णतेमुळे तो तारा प्रसरण पावलेल्या स्थितीतच राहतो आणि त्यामुळे त्याच्या केंद्रस्थानाखेरीज इतरत्र त्यातील अणू एकमेकांवर आदळत नाहीत.

एखाद्या ताऱ्याच्या केंद्रस्थानातील ऊर्जा ही हायड्रोजनच्या अणूच्या गाभ्यात (हा सर्वात लहान असतो) बदल होऊन त्याचे हेलियमच्या गाभ्यात (तो त्याहूनही लहान असतो) रूपांतर होण्यामुळे उत्पन्न होते. अर्थात शेवटी केव्हातरी त्या ताऱ्यातील हायड्रोजन संपून जाते.

ती वेळ येईपर्यंत ताऱ्याच्या केंद्रातील तापमान इतके वाढलेले असते की तो तारा आणखी प्रसरण पावून प्रचंड झालेला असतो. हे होत असताना त्या ताऱ्याचा पृष्ठभाग थंड होऊन लाल दिसू लागतो म्हणून अशा ताऱ्याला 'प्रचंड लाल' (जायंट रेड) असे म्हणतात.

जवळजवळ सर्व हायड्रोजन संपत आला की या अणुभट्ट्या ताऱ्याच्या पृष्ठभागाच्या सर्वात बाहेरील पातळ आवरणाकडे सरकतात. त्यांचे

वायूत रूपांतर होऊन अखेर त्या दिसेनाशा होतात. ताऱ्याचे सर्व वस्तुमान एकवटलेल्या आतील थरात आता त्याला गरम राखण्याएवढी ऊर्जा शिल्लक राहिलेली नसते. गुरुत्वाकर्षणामुळे हे थर आत ओढले जातात आणि तारा ढासळतो. तो इतक्या चटकन ढासळतो आणि गुरुत्वाकर्षणाचा जोर इतका मोठा असतो की त्यात सर्व इलेक्ट्रॉन कवचे कोलमडतात, त्यामुळे इतर ताऱ्यांच्या तुलनेत यातील परमाणू खूपच अधिक जवळ येतात.

मग त्या ताऱ्यातील सर्व ऐवज लहान जागेत एकवटला जातो. आता तो श्वेत बटू बनतो.

आपल्या सूर्याच्या बाबतीत आणखी पाचशे कोटी वर्षात असे घडणार नाही. पण ज्यांच्यातील हायड्रोजन संपला त्या ताऱ्यांच्या बाबतीत यापूर्वी असे घडले आहे. व्याध-ब व प्रोस्यॉन-ब ही याची उदाहरणे आहेत.



२ | सीमा आणि स्फोट

एखाद्या वस्तूच्या केंद्रस्थानाकडे जावे तसतसे गुरुत्वाकर्षण वाढत जाते, अर्थात जर तुम्ही त्या वस्तूच्या बाहेर राहिलात तरच.

तुम्ही सूर्यावर उभे आहात अशी कल्पना करा. गुरुत्वाकर्षणाचा जोर आता पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या २८ पटीने अधिक असेल. सूर्याचा सर्व ऐवज जर लहान जागेत ठासून भरला आणि तरीही तुम्ही त्या लहान होत जाणाऱ्या पृष्ठभागावर उभे असाल, तर तुम्ही सूर्याच्या केंद्रबिंदूच्या अधिक जवळ असाल त्यामुळे गुरुत्वाकर्षणाचा जोरही अधिक असेल.

सूर्याच्या आताच्या पृष्ठभागावर असताना तुम्ही त्याच्या केंद्रापासून ६,९५,२०० किलोमीटरवर उभे असाल. व्याध-ब चे वस्तुमान जरी सूर्याएवढेच असले तरी त्या पृष्ठभागाचे अंतर केंद्रापासून फक्त २४,००० किलोमीटर आहे. तुम्ही जर व्याध-ब वर उभे असाल तर गुरुत्वाकर्षणाचा जोर सूर्यापेक्षा ८४० पटीने अधिक व पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या २३,५०० पट असेल.

हे आपण कसे पडताळून पाहणार? व्याध-ब च्या पृष्ठभागावरील गुरुत्वाकर्षण खरोखर इतके प्रचंड आहे का?

अल्बर्ट आईन्स्टाइन या जर्मन-स्विस शास्त्रज्ञाने १९१५ साली गुरुत्वाकर्षणाचा नवा सिद्धांत मांडला. या सिद्धांतानुसार प्रकाश जेव्हा गुरुत्वाकर्षणाच्या विरुद्ध दिशेत जातो तेव्हा त्याच्या लहरींची लांबी थोडी वाढते. गुरुत्वाकर्षणाचा जोर जेवढा अधिक तेवढी प्रकाशलहरींची लांबी अधिक.

आपल्याला दिसणाऱ्या लाल प्रकाशाच्या लहरींची लांबी सर्वात

अधिक असते. याचाच अर्थ प्रकाश लहरींची लांबी वाढली की त्या लाल होतात म्हणजेच त्या वर्णपटातील लाल रंगाकडे सरकतात. आईनस्टाइनने गुरुत्वाकर्षणातील 'लाल बदल' (रेड शिफ्ट) सूचित केला.

पृथ्वीपेक्षा सूर्याचे गुरुत्वाकर्षण जरी अधिक असले तरी त्यामुळे केवळ नाममात्रच 'रेड शिफ्ट' होते. अचूकपणे मोजता येण्याइतकी ती मोठी नाही. पण व्याध-ब या इतके मोठे गुरुत्वाकर्षण असणाऱ्या ताऱ्याबद्दल काय म्हणता येईल?

ॲडम्स या शास्त्रज्ञाने व्याध-ब च्या वर्णपटाचा अभ्यास केला होता. त्याने १९२५ साली त्याचा परत एकदा बारकाईने अभ्यास केला. आईनस्टाइनच्या सिद्धांताने सुचविल्याप्रमाणे वर्णपटात लहानशी 'रेड शिफ्ट' असल्याचे त्याला आढळले. म्हणजे व्याध-ब चे गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र खरोखरच खूप मोठे होते.

व्याध-ब हा लहान असून त्याचे वस्तुमान प्रचंड होते याचा हा अखेरचा पुरावाच होता. अर्थात सर्वच श्वेत बटूंची परिस्थिती व्याध-ब प्रमाणेच असणार. खूप दूरवरच्या भविष्यकाळात आपल्या सूर्याची परिस्थितीदेखील अशीच होईल.

एखादा तारा ढासळत असताना, त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचा जोर वाढत जात असताना, हे ढासळणे थांबून त्याचा श्वेत बटू कसा बनतो? तो तारा पूर्णपणे ढासळत का नाही?

अणूंचे विभाजन होऊन, इलेक्ट्रॉन कवचे फुटल्यावरदेखील इलेक्ट्रॉन राहतातच. आता ते गाम्मापेक्षा अधिक जागा व्यापतात आणि त्यामुळे हे श्वेत बटू आणखी आकुंचन पावत नाहीत.

ताऱ्याचे वस्तुमान जितके अधिक असेल तितका त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचा जोर अधिक असतो आणि त्यातील प्रकृतिद्रव्य (मॅटर) कमी जागेत जास्त ठासून भरलेले असते. व्याध-ब पेक्षा जास्त वस्तुमान

१८ । शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे

असणारा श्वेत बटू आणखी लहान असेल कारण त्यातील प्रकृतिद्रव्य गुरुत्वाकर्षणामुळे अधिक घट्ट ठासून भरलेले असेल.

एखाद्या श्वेत बटूचे वस्तुमान प्रचंड असेल तर काय होईल?

सुब्रमण्यन चंद्रशेखर या भारतीय वंशाच्या अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञाने १९३१ साली याचा अभ्यास केला. एखाद्या श्वेत बटूचे वस्तुमान प्रचंड असेल तर इलेक्ट्रॉन्सच्या विरोधापार जाऊन तो आणखीच ढासळेल असे त्यांनी दाखवून दिले.

अशा तऱ्हेने आणखी ढासळण्यासाठी असा श्वेत बटू किती प्रचंड वस्तुमानाचा असावा लागेल हे त्यांनी गणिताने मांडले. त्याचे वस्तुमान आपल्या सूर्याच्या १.४ पट असावे लागेल. यालाच 'चंद्रशेखर सीमा' (चंद्रशेखर लिमिट) असे म्हणतात.

आतापर्यंत खगोलशास्त्रज्ञांनी शोधलेल्या व अभ्यास केलेल्या सर्व श्वेत बटूंचे वस्तुमान 'चंद्रशेखर सीमे'हून कमीच होते.

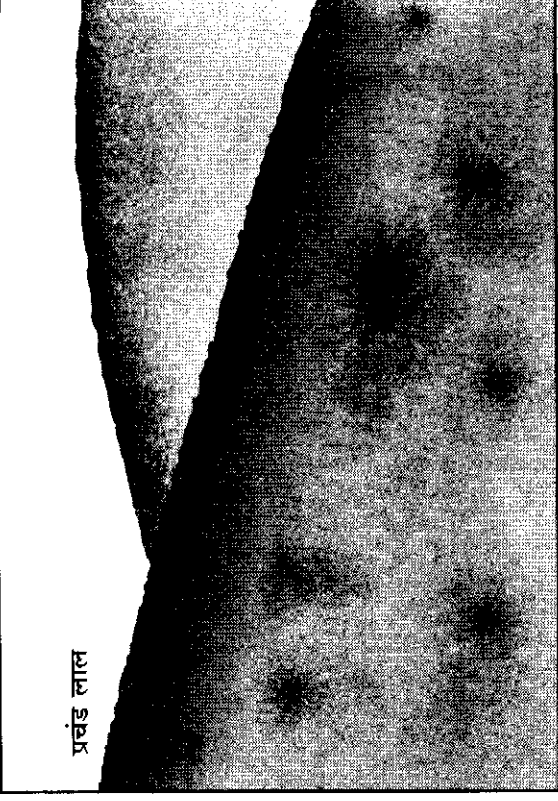
यातून एक नवा प्रश्न उभा राहतो.

जर सर्व ताऱ्यांचे वस्तुमान पहिल्यापासून आपल्या सूर्याच्या १.४ पटीहून कमीच असेल तर याचे स्पष्टीकरण सहजच देता येईल. आपला सूर्य जसा श्वेत बटू होईल तसे सर्वच तारेही अखेर श्वेत बटूच होतील. पण काही ताऱ्यांचे वस्तुमान त्याहून अधिक आहे ही यातील खरी अडचण आहे. आकाशातील सर्व ताऱ्यांपैकी सुमारे २.५ टक्के तारे आपल्या सूर्याच्या १.४ पटीहून मोठे आहेत. तसा विचार केला तर हा आकडा काही फारसा मोठा नाही, पण आकाशात एकूण किती तारे आहेत याचा विचार केला तर त्यातील २.५ टक्के तारे म्हणजे देखील ही संख्या खूपच मोठी होते.

विश्वातील सर्व तारे हे सोयीसाठी वेगवेगळ्या आकाशगंगा किंवा गॅलॅक्सीमध्ये कल्पिले आहेत. आपल्या आकाशगंगेत जवळजवळ बारा

शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे । १९

एकाच वस्तुमानाच्या ताऱ्यांचे निरनिराळे आकार



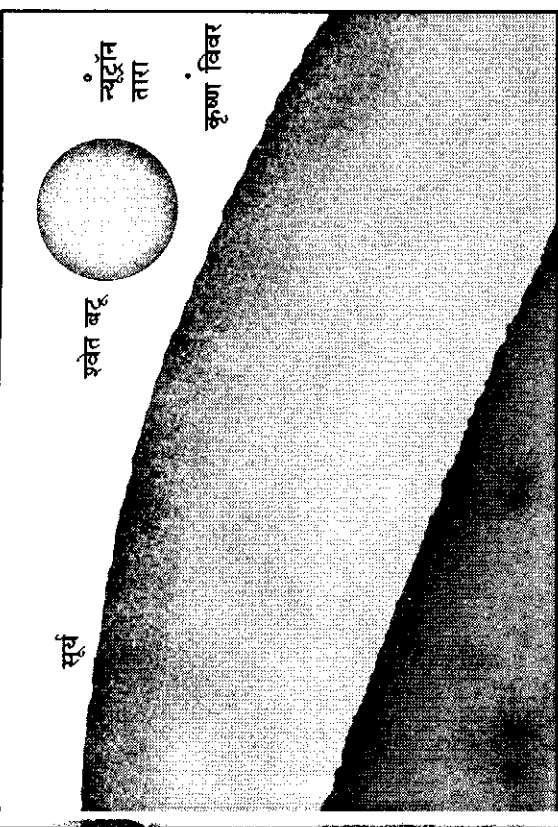
हजार कोटी तारे आहेत. याचा अर्थ, केवळ आपल्या आकाशगंगेतील सुमारे तीनशे कोटी ताऱ्यांचे वस्तुमान चंद्रशेखर सीमेहून अधिक आहे. काहींचे वस्तुमान तर आपल्या सूर्याहून ६० ते ७० पटीने अधिक आहे.

मग त्यांचे काय होते?

खगोलशास्त्रज्ञांनी मोठ्या ताऱ्यांचा अभ्यास केल्यावर त्यांना असे आढळले की तारा जेवढा मोठा असेल तेवढे त्याचे आयुष्य तुलनेने लहान परंतु अधिक वादळी असते.

ताऱ्यांचे वस्तुमान जितके अधिक असेल तितका त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाने तो अधिक जवळ ओढला जातो म्हणून तो ढासळू नये यासाठी त्याचे तापमान अधिक असावे लागते. त्याचे तापमान जितके अधिक असेल तितकेच त्यातील हायड्रोजन हे इंधन शीघ्रगतीने संपुष्टात

२० । शोधान्या कथा । कृष्णविवरे



येते. याच कारणाने खूप मोठ्या ताऱ्यांचे आयुष्य लहान ताऱ्यापेक्षा कमी असते.

आपल्या सूर्याच्या आकाराच्या ताऱ्यातील इंधन संपुष्टात यायला एक हजार कोटी वर्षे लागतात, पण सूर्याच्या तिपटीने मोठ्या असणाऱ्या ताऱ्यातील इंधन केवळ ५० कोटी वर्षातच संपेल. खरोखरीचे प्रचंड तारे इतके कमी असण्याचे हेही एक कारण आहे. या ताऱ्यांचे आयुष्य लहान असते.

शिवाय, 'प्रचंड लाल' (रेड जायंट) असताना तारा जितका मोठा असेल, तितका तो अधिक प्रसरण पावतो आणि त्यातील इंधन संपले की तो अचानक ढासळतो. तारा जेव्हा असा अचानक ढासळतो तेव्हा त्या प्रक्रियेत त्याचा स्फोट होतो. तारा जितका मोठा तितका त्याचा

शोधान्या कथा । कृष्णविवरे । २१

३ | पल्सर आणि न्यूट्रॉन तारे

सुपरनोवा हे 'चंद्रशेखर सीमे'च्या कठीण समस्येचे एक उत्तर आहे अशी सर्व खगोलशास्त्रज्ञांना खात्री नव्हती.

एखाद्या प्रचंड ताऱ्याचा स्फोट झाला तर काय होऊ शकेल याबद्दल त्यांचा विचार चालूच होता. स्फोट होताना ताऱ्यातील काही द्रव्यच अंतराळात फेकले जाईल आणि त्यामुळे उरलेले द्रव्य दरवेळी 'चंद्रशेखर सीमे'हून कमी असेलच असे नाही. सुपरनोवाच्या स्फोटात त्या ताऱ्यातील ९० टक्क्यांहून कमी द्रव्यच फेकले जाईल असे त्यांचे मत होते. म्हणजे सूर्याहून १५ पटीने मोठा असणारा तारा ढासळला तरीदेखील त्यातील ढासळणारे द्रव्य 'चंद्रशेखर सीमे'हून अधिकच असेल.

शिवाय, प्रचंड ताऱ्यांच्या ढासळण्याची क्रिया अचानक होत असल्याने ढासळणारे द्रव्य जरी 'चंद्रशेखर सीमे'हून कमी असले तरी तो तारा आकुंचन पावताना त्यातील इलेक्ट्रॉन एकमेकांवर आदळतील. मग काय होईल?

१९३४ साली फ्रिट्झ झ्विकी या स्विस-अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञाने आणि वॉल्टर बाड या जर्मन-अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञाने हे कोडे सोडवण्याचा प्रयत्न सुरू केला. त्यांना सुचलेले स्पष्टीकरण पुढीलप्रमाणे होते:

अणूचा गाभा(न्यूक्लियस) प्रोटॉन आणि न्यूट्रॉन या दोन प्रकारच्या कणांचा असतो. हे दोन्ही बरेचसे सारखेच असतात परंतु प्रोटॉनमध्ये विद्युतभार असतो आणि न्यूट्रॉनमध्ये तो नसतो इतकाच काय तो त्यातील फरक आहे.

शोधांच्या कथा | कृष्णविवरे | २३

स्फोटही अर्थातच मोठा. ताऱ्याचा जेव्हा स्फोट होतो तेव्हा त्याच्या बाहेरील थरातील उरलासुरला हायड्रोजनही संपुष्टात येतो. हे सर्व इतक्या जलदगतीने होते की त्यामुळे तो तारा काही आठवड्यांसाठी पूर्वापेक्षा दहा हजार कोटी पटीने जास्त तेजस्वी दिसू शकतो.

कधी कधी एखादा साध्या डोळ्यांना न दिसणारा मंद तारा अचानक तेजस्वी झाल्याने साध्या डोळ्यांना देखील सहज दिसू शकतो. दुर्बिणीच्या शोधापूर्वी, अशा वेळी एक नवाच तारा आकाशात अवतरला आहे असे खगोलशास्त्रज्ञांना वाटत असे. नवा या अर्थाच्या लॅटिन शब्दावरून त्याला 'नोवा' असे संबोधण्यात येऊ लागले.

दुसऱ्या एखाद्या ताऱ्यातील द्रव्य त्याच्यावर आदळल्यामुळे चमकू लागलेले 'नोवा' किंवा नवे तारे फारसे तेजस्वी दिसत नाहीत. अतितेजस्वी नोवा हे प्रचंड ताऱ्याच्या स्फोटांमुळेच निर्माण होतात आणि आता त्यांना 'सुपरनोवा' असे म्हणतात.

चंद्रशेखर सीमेच्या कठीण समस्येचे निराकरण करण्याची ही एक शक्यता असू शकते. एखादा तारा जेव्हा या तऱ्हेने सुपरनोवा बनतो, तेव्हा स्फोटांमुळे त्या ताऱ्यातील बरेचसे द्रव्य बाहेर अंतराळात फेकले जाते. यापैकी काही द्रव्यच एकत्र राहून ढासळते.

कदाचित, एखाद्या प्रचंड ताऱ्याचा स्फोट होताना मोठ्या प्रमाणावर द्रव्य अंतराळात फेकले जात असल्यामुळे अखेरपर्यंत एकत्र राहून ढासळणारा भाग चंद्रशेखर सीमेच्या मानाने कमी वस्तुमान असणाराच असेल.

तसे असेल, तर सुरुवातीला कितीही प्रचंड असणारे तारे अखेर त्यामानाने लहान असणारे श्वेत बटूच बनतील असाच याचा अर्थ होतो.

२२ | शोधांच्या कथा | कृष्णविवरे

अणूचे कोसळणे

सर्वसाधारणपणे अणूच्या गाभ्याबाहेरील इलेक्ट्रॉनमध्ये आणि श्वेत बटूतील फुटलेल्या अणूतील इलेक्ट्रॉनमध्येही विद्युतभार असतो. इलेक्ट्रॉनमधील आणि प्रोटॉनमधील विद्युतभारांचे प्रमाण एकच असते, मात्र हे भार विरुद्ध प्रकारचे असतात. प्रोटॉनमधील विद्युतभाराला पॉझिटिव्ह किंवा धन भार असे म्हणतात तर इलेक्ट्रॉनमधील भार हा निगेटिव्ह किंवा ऋण भार म्हणून ओळखला जातो.

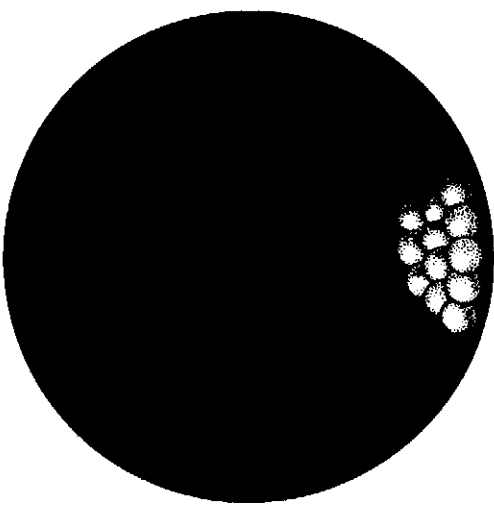
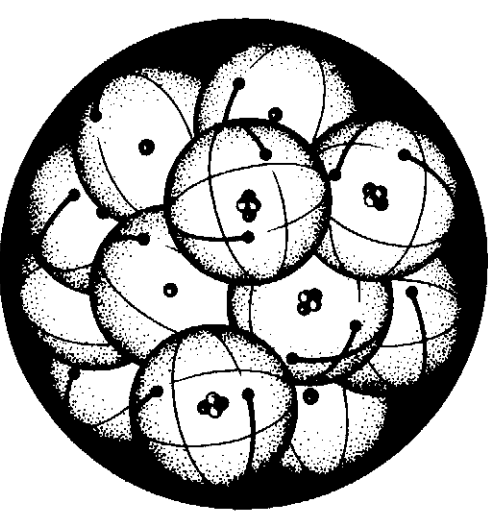
जर इलेक्ट्रॉन आणि प्रोटॉन एकत्र आणून त्यांना जोडण्याचा प्रयत्न केला तर हे दोन विरुद्ध प्रकारचे विद्युतभार एकमेकांना नाहीसे करतात. मग विद्युतभार नसलेला न्यूट्रॉन तेवढा शिष्टक रहातो.

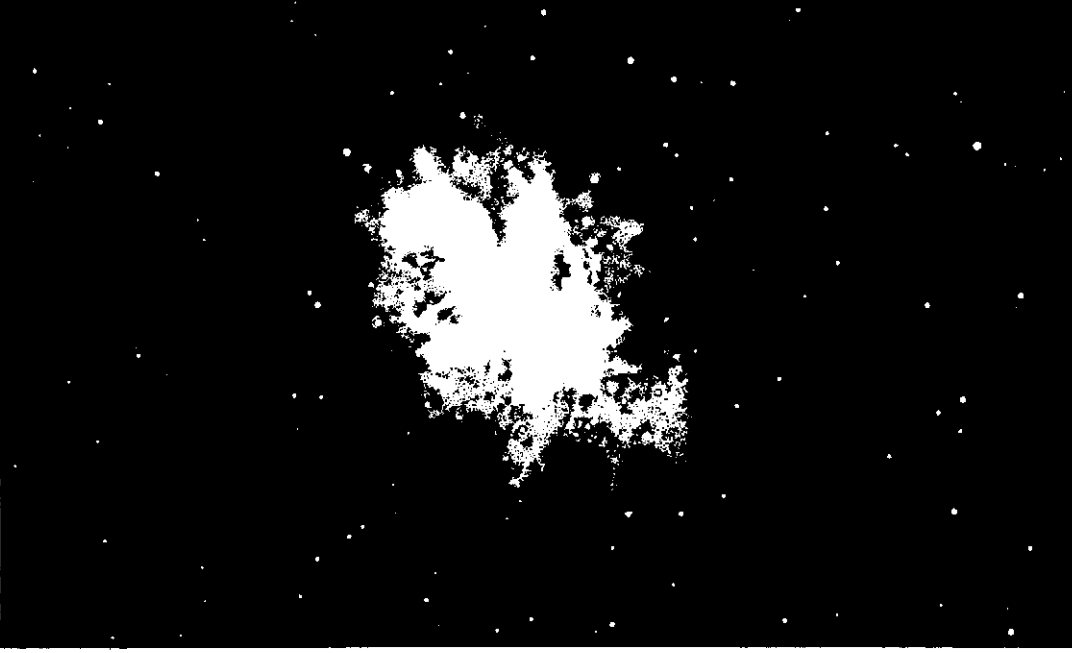
श्विकी आणि बाड यांना वाटले की एखाद्या दासळणाऱ्या तान्यातील द्रव्य जर चंद्रशेखर सीमेहून अधिक असेल किंवा ही दासळण्याची क्रिया शीघ्रगतीने झाली असेल, तर सर्व इलेक्ट्रॉन गाभ्यात ढकलले जातील. गाभ्यातील प्रोटॉन हे न्यूट्रॉन बनतील आणि अशा दासळणाऱ्या तान्यात फक्त न्यूट्रॉनच असतील.

सर्व इलेक्ट्रॉन नाहीसे झाल्यावर सर्व न्यूट्रॉनना एकत्र येऊन एकमेकांना चिकटण्यापासून कोणीच थोपवू शकणार नाही. मग या दासळणाऱ्या द्रव्यापासून 'न्यूट्रॉन तारा' तयार होईल.

न्यूट्रॉन हे अणूपेक्षा खूपच लहान असल्यामुळे असा 'न्यूट्रॉन तारा' अगदीच लहानसा असेल. उदाहरणार्थ, आपला सूर्य हा एक गरम वायूचा चेंडू असून त्याचा व्यास १३,९०,४०० किलोमीटर एवढा आहे. त्यातील सर्व इलेक्ट्रॉन आणि प्रोटॉनचे न्यूट्रॉन बनले आणि ते सर्व एकमेकांना चिकटेपर्यंत जवळ येत गेले तर या आकसलेल्या 'न्यूट्रॉन तान्या'चा व्यास सहा किलोमीटरहूनही कमी असेल आणि तरीही त्यात आपल्या सूर्यात असलेले सर्व प्रकृतिद्रव्य असेल.

ज्या लहान तान्यांचा सुपरनोवा म्हणून स्फोट होऊ शकणार नाही





अशा ताऱ्यांपासूनच श्वेत बटूंची निर्मिती होत असावी असे श्विकी आणि बाड यांना वाटत होते. सुपरनोवा म्हणून स्फोट होऊ शकणारे तारे ढासळून, त्यातूनच 'न्यूट्रॉन ताऱ्या'ची उत्पत्ती होत असावी. (आपला सूर्य स्फोट होण्यासाठी फार लहान आहे. कधी काळी तो ढासळून श्वेत बटू होईल, पण न्यूट्रॉन तारा नाही होणार)

न्यूट्रॉन तारा जर केवळ काही किलोमीटर व्यासाचा असेल तर श्विकी आणि बाड यांचा सिद्धांत पडताळून त्याची सत्यता कशी पाखता येईल? उत्तमातील उत्तम दुर्बीण देखील कोव्यवधी किलोमीटर अंतरावर असणारा इतका छोटसा तारा कसा काय दाखवू शकेल?

कदाचित यालाही उत्तर असू शकेल. एखादा प्रचंड तारा ढासळून त्याचा न्यूट्रॉन तारा बनला तर त्या ढासळण्याच्या क्रियेतील ऊर्जेचे रूपांतर उष्णतेत होईल. न्यूट्रॉन ताऱ्याच्या पृष्ठभागाचे तापमान एक कोटी अंश इतके असेल. म्हणजे ते आपल्या सूर्याच्या केंद्रबिंदूच्या तापमानाइतके असेल.

एक कोटी अंश इतके प्रचंड तापमान असलेल्या पृष्ठभागावरून नेहमीसारखा प्रकाश दिसणार नाही. त्यातून होणारा किरणोत्सर्ग प्रकाशासारखा असला तरी त्यात खूप अधिक ऊर्जा असते. अशा किरणोत्सर्गातील ऊर्जा जितकी अधिक असेल तितक्या तिच्या लहरी आखूड किंवा लहान असतात, त्यामुळे न्यूट्रॉन ताऱ्यातून निघणाऱ्या किरणोत्सर्गाच्या लहरींची लांबी अगदीच कमी असते. अशा आखूड लहरींच्या किरणोत्सर्गाला क्ष-किरण असे म्हणतात.

न्यूट्रॉन ताऱ्यातून सर्व तऱ्हेच्या लांबीच्या लहरी यायला हव्यात, नेहमीच्या प्रकाशाच्या आणि त्याहून अधिक लांबीच्या, रेडिओ लहरींच्या सारख्या किरणोत्सर्गाच्या देखील. त्यात अर्थातच क्ष-किरणांचाही समावेश असेलच.

आकाशातून वेगवेगळ्या ठिकाणांहून येणाऱ्या क्ष-किरणांचा जर आपण अभ्यास करू शकलो तर त्यावरून अवकाशात कुठे न्यूट्रॉन तारे आहेत का याबद्दल आपल्याला काहीतरी सांगता येईल. पण यातही एक अडचण आहे, ती म्हणजे क्ष-किरण आपल्या वातावरणात येऊ शकत नाहीत. प्रकाश येऊ शकतो पण क्ष-किरण येऊ शकत नाहीत.

सुदैवाने, १९५० च्या दशकापासून आपल्या वातावरणापलीकडे, अंतराळात रॉकेट पाठवण्यात शास्त्रज्ञांना यश आले. या रॉकेटमधील उपकरणांमुळे अवकाशातील किरणोत्सर्गाचा अभ्यास करणे शक्य झाले.

१९६३ साली हर्बर्ट फ्रिडमन या अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञाच्या सूचनेनुसार क्ष-किरणांचा शोध घेणारी उपकरणे रॉकेटमधून पाठवण्यात आली. अवकाशातील निरनिराळ्या ठिकाणांहून क्ष-किरण येत असल्याचे दिसून आले, पण ते न्यूट्रॉन ताऱ्यातून येत होते की आणखी कशातून?

जिथून क्ष-किरण येत होते त्यापैकी एक जागा म्हणजे 'क्रेब नेब्युला' किंवा क्रेब तेजोमेघ. क्रेब नेब्युला म्हणजे धूळ आणि वायूचा पट्टा; १०५४ साली स्फोट झालेल्या एका प्रचंड सुपरनोवाचे अवशेष. यातच एखादा न्यूट्रॉन तारा असेल का?

हे सांगणे फारच कठीण होते. क्ष-किरण कदाचित गरम धूळ आणि वायूमधून देखील येत असतील- कदाचित तिथे न्यूट्रॉन तारा नसेलही.

१९६४ साली चंद्र या क्रेब तेजोमेघासमोरून गेला. क्ष-किरण जर धूळ आणि वायूमधून येत असतील तर त्यांना थोपवण्यासाठी चंद्राला बराच वेळ लागेल आणि हे क्ष-किरण हळू हळू कमी कमी होत जातील. मात्र क्ष-किरण जर लहानशा न्यूट्रॉन ताऱ्यातून येत असतील तर चंद्राला ते अडवण्यास काहीच वेळ लागणार नाही आणि सर्व क्ष-किरण एकदमच थांबतील.

२८ । शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे

यावेळी क्ष-किरण हळूहळू कमी होत गेले म्हणजे त्या ठिकाणी न्यूट्रॉन तारा नसणार असे अनुमान करण्यात आले.

पण ही गोष्ट इथेच संपली नाही. १९३१ साली कार्ल जॅन्स्की या अमेरिकन अभियंत्याने आकाशातून रेडिओ लहरी येतात असा शोध लावला होता. रेडिओ लहरी या प्रकाश लहरीसारख्याच असतात फक्त त्यांची लांबी अधिक असते. काही प्रकारच्या रेडिओ लहरी प्रकाश लहरींप्रमाणे आपल्या वातावरणात सहज येऊ शकतात आणि कार्ल जॅन्स्कीने त्यांचाच शोध लावला होता.

१९५०च्या दशकात खगोलशास्त्रज्ञांनी रेडिओ टेलिस्कोप नावाचे नवे उपकरण बनवले होते, त्यात या लहरी पकडून त्यांचा अभ्यास करता येई.

१९६०च्या सुमारास काही खगोलशास्त्रज्ञांच्या असे लक्षात आले की काही वेळा या लहरी अधिक शक्तिशाली असतात आणि कधी कधी एकदमच क्षीण होतात. रेडिओ टेलिस्कोपला हा बदल टिपण्यास पुरेसा वेळ मिळणार नाही इतक्या जलदगतीने हे घडत असे.

१९६७ साली अँथनी हेविश या इंग्रज खगोलशास्त्रज्ञाने हे जलद होणारे बदल नोंदविले जातील, अशा तऱ्हेचा एक विशेष रेडिओ टेलिस्कोप तयार केला.

१९६७च्या जुलै महिन्यात या रेडिओ टेलिस्कोपचे काम सुरू झाले. पहिल्याच महिन्यात जोस्लिन बेल या हेविशच्या विद्यार्थ्याला आकाशातील एका विशिष्ट ठिकाणाहून येणारे रेडिओ लहरींचे पुंजके किंवा फवारे (बस्ट किंवा पल्स) सापडले. प्रत्येक फवारा १/२० सेकंद इतकाच टिकत होता आणि १.३७३०१०९ सेकंदाच्या कालावधीने नियमितपणे येत होता. दोन फवाऱ्यांमधील कालावधीत सेकंदाच्या एक कोटी अंश इतक्या काळाचाही फरक पडत नव्हता.

शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे । २९

हेविश आणि बेल यांनी अंतराळात इतरत्र शोध घेतल्यावर अशा तऱ्हेचे रेडिओ लहरींचे अतिजलद फवारे येणाऱ्या आणखी तीन जागा त्यांना सापडल्या. प्रत्येकाचा कालावधी अर्थातच वेगळा होता. हे फवारे कशातून येत आहेत हे त्यांना माहीत नव्हते म्हणून त्यांनी त्याला 'पल्सेटिंग तारे' असे म्हणायला सुरुवात केली. पुढे याचेच लघुरूप 'पल्सर' हे रूढ झाले.

इतर खगोलशास्त्रज्ञांनाही पल्सर सापडले. दहा वर्षात शंभराहून अधिक पल्सर शोधण्यात आले. आपल्या आकाशगंगेत असे एकूण एक लाख तरी पल्सर असतील.

कॅब तेजोमेघातील पल्सरचा कालावधी आतापर्यंतचा सर्वात कमी कालावधी आहे. त्यातील फवारे किंवा पल्स दर ०.०३३०९९ सेकंदाने येतात. म्हणजेच दर एकतीसाश सेकंदाला एक पल्स येते.

अशा तऱ्हेचे फवारे निघण्यासाठी अंतराळातील कोणत्या तरी वस्तू नियमितपणे आणि अत्यंत जलदगतीने काहीतरी बदल घडत असावा, असे थॉमस गोल्ड या ऑस्ट्रियात जन्मलेल्या खगोलशास्त्रज्ञाला वाटले. दोन वस्तू एकमेकांभोवती गरागरत असाव्यात किंवा एकच वस्तू प्रसरण आणि आकुंचन पावत असावी किंवा स्वतःभोवती गरागरत असावी.

पण यातही एक अडचण होती. कोट्यवधी किलोमीटर इतक्या दूर अंतरावर जाऊ शकतील, अशा तऱ्हेच्या शक्तिशाली रेडिओ लहरी निर्माण करण्यासाठी ही वस्तू एखाद्या मोठ्या ताऱ्याएवढी असावी लागेल.

सर्वसामान्य ताऱ्यांची गती इतकी जलद नसते. तारे एका सेकंदात एकमेकांभोवती फिरू शकत नाहीत, एका सेकंदात प्रसरण आणि आकुंचन पावू शकत नाहीत किंवा एका सेकंदात स्वतःभोवती प्रदक्षिणाही करू शकत नाहीत. इतक्या जलदगतीने हालचाल करण्याच्या प्रयत्नात ते तुटूनच जातील. इतके जलद बदल घडण्यासाठी अशी वस्तू ताऱ्याहून

३० । शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे

बरीच लहान असूनही ती एकत्र राहण्यासाठी तिचे गुरुत्वाकर्षण मात्र खूपच असावे लागेल. श्वेत बटूदेखील इतके लहान नसतात आणि एकत्र राहण्याइतके त्यांचे गुरुत्वाकर्षणही प्रभावी नसते.

हा न्यूट्रॉन तारा असेल का? हेच त्याचे उत्तर असणार असे गोल्डला वाटले. न्यूट्रॉन तारा हा अगदी छोट्यासा असतो आणि त्याचे गुरुत्वाकर्षणही इतके प्रभावी असते की तो न तुटता एका सेकंदात किंवा एकतीसाश सेकंदात स्वतःभोवती प्रदक्षिणाही करू शकतो.

न्यूट्रॉन ताऱ्याच्या पृष्ठभागावरील काही विशिष्ट ठिकाणांतूनच या रेडिओ लहरी येत असाव्यात असे गोल्डने सुचवले. दर वेळी न्यूट्रॉन तारा फिरला की या रेडिओ लहरीचा फवारा आपल्या दिशेने येत असावा.

न्यूट्रॉन ताऱ्यातून किरणोत्सर्ग झाला की त्यातून ऊर्जाही जात असणार असे गोल्डला वाटले. त्यामुळे अतिशय संधर्भातून त्याची स्वतःभोवती फिरण्याची गतीही कमी होत असणार.

उदाहरणार्थ, कॅब तेजोमेघातील फवारे इतक्या जलदगतीने येतात, कारण हा न्यूट्रॉन तारा सुमारे एक हजार वर्षांपूर्वीच निर्माण झाला आणि आपल्याला माहीत असलेला हा सर्वात तरुण तारा आहे. त्याची गती मंद होण्यास त्याला पुरेसा काळ मिळाला नाही पण तरीही ती मंद होतच असणार.

कॅब तेजोमेघातील पल्सरचा काळजीपूर्वक अभ्यास करण्यात आला आणि गोल्डचे मत खरे ठरले. दोन फवऱ्यांमधील अवधी दररोज किंचित वाढत आहे. दररोज त्याचा अवधी आदल्या दिवसापेक्षा एका सेकंदाच्या ३६ अब्जाव्या अंशाने वाढतो आहे.

पल्सर म्हणजे स्वतःभोवती गरागर फिरणारे न्यूट्रॉन तारेच आहेत, असे खगोलशास्त्रज्ञांचे आता ठाम मत आहे.

अर्थात गरागरणाऱ्या न्यूट्रॉन ताऱ्यातून केवळ रेडिओ लहरीच नव्हे

शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे । ३१

तर इतरही अनेक प्रकारच्या किरणांच्या लहरी बाहेर येत असणार. तो किरणोत्सर्गही पल्स किंवा फवाऱ्याच्या स्वरूपात आपल्याकडे येत असणार. उदाहरणार्थ, कॅब तेजोमेघातील न्यूट्रॉन ताऱ्यातून क्ष-किरणांचे फवारे येतात. कॅब तेजोमेघातून येणाऱ्या क्ष-किरणांपैकी एक अष्टमांश क्ष-किरण न्यूट्रॉन ताऱ्यातून येतात. उरलेले सात अष्टमांश क्ष-किरण सुपरनोवातून निघालेल्या आजूबाजूच्या धूळ आणि वायूतून येतात. या सात अष्टमांश भागामुळे, चंद्र कॅब नेब्युलासमोरून जाताना तेथे न्यूट्रॉन तारा नसावा असे वाटले होते.

गरगरणाऱ्या न्यूट्रॉन ताऱ्यातून प्रकाशाचे फवारेही बाहेर पडत असणार. जानेवारी १९६९ मध्ये कॅब तेजोमेघात एक अगदी मंद तारा एका सेकंदात ३० वेळा उघडझाप करताना आढळला. तो प्रकाशाचे फवारे सोडत होता. तो खरा न्यूट्रॉन तारा होता आणि खगोलशास्त्रज्ञ तो पाहू शकले.

त्यानंतर दुसऱ्या एका सुपरनोवाच्या विखुरलेल्या भागातील आणखी एक न्यूट्रॉन तारा खगोलशास्त्रज्ञांना दिसला आहे. या ताऱ्याला 'वेला क्ष-१' असे नाव देण्यात आले, कारण तो 'वेला' या तारकासमूहात आहे.

१९७५ साली 'वेला क्ष-१'चे वस्तुमान मोजण्यात आले. ते सूर्याच्या १.५ पट भरले.

'वेला क्ष-१'चे वस्तुमान चंद्रशेखर सीमपेक्षा अधिक आहे. तो न्यूट्रॉन ताराच आहे, हे सिद्ध करण्यासाठी हा आणखी एक पुरावा आहे. 'वेला क्ष-१' इतके वस्तुमान असणारा तारा श्वेत बटू असू शकणार नाही.



४ | भरती-ओहोटी व गुरुत्वाकर्षणाबाहेर पडण्याची गती

श्वेत बटूचे वस्तुमान बरेच असले आणि त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचा जोरही खूप असला तरी न्यूट्रॉन ताऱ्याचे वस्तुमान त्याहून खूपच अधिक असते आणि त्याचे गुरुत्वाकर्षणही प्रचंड असते.

या पुस्तकात मी अगोदर एके ठिकाणी म्हटले आहे की व्याध-ब वरील एक घन सेंटिमीटर वस्तूचे वस्तुमान ३४,६०० ग्रॅम भरेल. समजा त्याऐवजी आपण सूर्य किंवा व्याध-ब यांच्याइतके वस्तुमान असणाऱ्या न्यूट्रॉन ताऱ्यावरील एक घन सेंटिमीटर वस्तूचा विचार केला. त्या एक घन सेंटिमीटरचे वस्तुमान १५५ कोटी टन भरेल. त्या न्यूट्रॉन ताऱ्यावरील एक घन किलोमीटरचे वस्तुमान संबंध पृथ्वीच्या वस्तुमानाच्या हजारपट असेल.

समजा तुमचे वजन ५० किलो आहे. जर तुम्ही सूर्यावर उभे आहात अशी कल्पना केलीत तर तुमचे वजन भरेल १,४०० किलो. व्याध-ब वर तुमचे वजन असेल १,०६० टन. सूर्याएवढे वस्तुमान असणाऱ्या न्यूट्रॉन ताऱ्यावर तुमचे वजन होईल १ कोटी ४०० टन.

गुरुत्वाकर्षणाचा जोर प्रबळ असला तर तुम्ही त्यातून कधीच बाहेर पडू शकणार नाही असा याचा अर्थ होत नाही. पुरेशा जलदगतीने निघालात तर खूप मोठ्या वस्तूच्या गुरुत्वाकर्षणातूनही तुम्ही बाहेर जाऊ शकता, कारण जसे अंतर वाढेल तसे गुरुत्वाकर्षण कमी होते.

उदाहरणार्थ, एखादी वस्तू पृथ्वीपासून दूर जाऊ लागली तर पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे तिची गती कमी होते व अखेर ती वस्तू परत येते. पण जर ती वस्तू खूप वेगाने निघाली आणि तिची गती कमी होत

असताना ती पृथ्वीपासून अशा अंतरावर पोचली की पृथ्वीच्या कमी होत जाणाऱ्या गुरुत्वाकर्षणामुळे तिची गती पूर्णपणे थांबत नाही. अशी वस्तू मग दूर जातच राहते आणि कधीच परत येत नाही.

अशा तऱ्हेने पूर्णपणे दूरवर निघून जाण्याच्या गतीला 'एस्केप वेलॉसिटी' म्हणजे 'गुरुत्वाकर्षणातून बाहेर पडण्याची गती' असे म्हणतात.

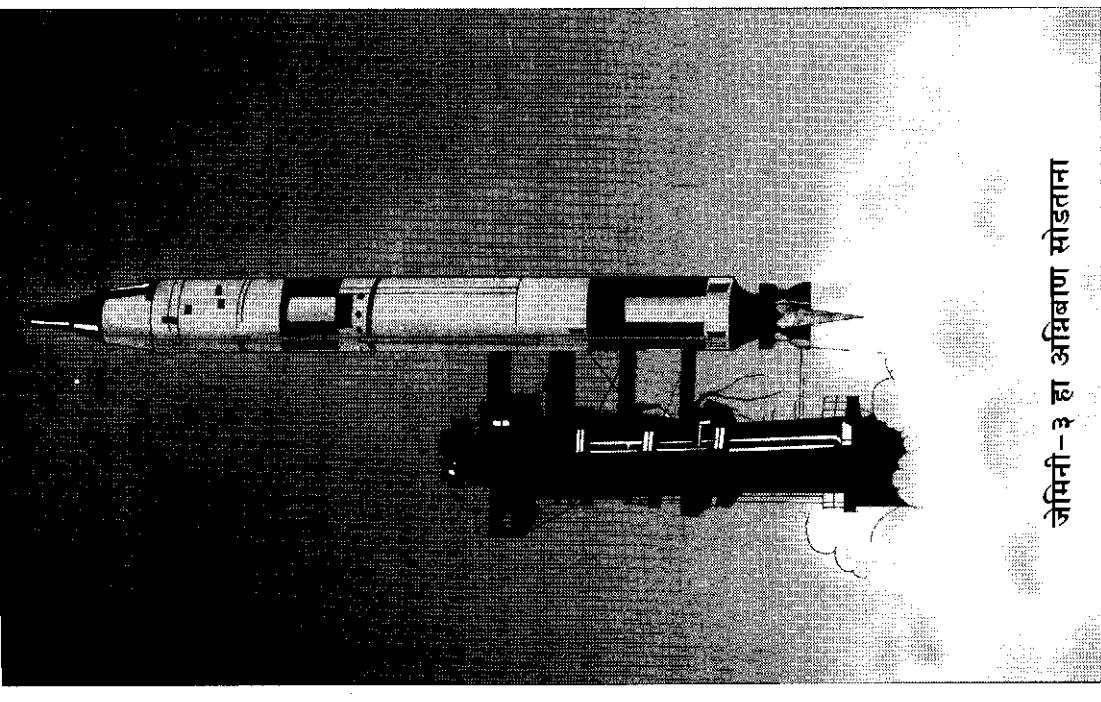
पृथ्वीसाठी ही गती सेकंदाला ११ किलोमीटर अशी आहे. जे रॉकेट वातावरणाच्या बाहेर जाताना सेकंदाला ११ किलोमीटर या वेगाने जात असेल ते पृथ्वीकडे परत येणार नाही.

पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणातून बाहेर पडण्याची गती खूपच मोठी आहे पण ती काही अशक्य कोटीतील नाही. आपण रॉकेटयान पृथ्वीबाहेर पाठवू शकतो. परंतु खूप मोठ्या वस्तूंपासून दूर जाणे अधिकाधिक कठीण होईल.

गुरू हा पृथ्वीपेक्षा मोठा ग्रह आहे आणि त्याचे गुरुत्वाकर्षणक्षेत्रही अधिक आहे. त्याच्या गुरुत्वाकर्षणातून बाहेर पडण्याची गती सेकंदाला ६०.५ किलोमीटर इतकी आहे. सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणातून बाहेर पडण्याची गती सेकंदाला ६१७ किलोमीटर तर व्याध-ब ची सेकंदाला ३,४०० किलोमीटर.

सूर्याइतके वस्तुमान असणाऱ्या एखाद्या न्यूट्रॉन ताऱ्याचा जर आपण विचार केला तर त्याच्या पृष्ठभागापासून दूर जाण्यासाठी ही गती सेकंदाला १,९२,३६० किलोमीटर असावी लागेल. म्हणजे न्यूट्रॉन ताऱ्यावरून निघून जाणे कोणालाही अतिशयच कठीण होणार.

प्रकाशकिरण सेकंदाला २,९३,३४६ किलोमीटर या गतीने प्रवास करतो म्हणून त्याला हे शक्य होईल. किरणोत्सर्गातील इतर किरणांच्या लहरी प्रकाशाहून कमी अधिक लांबीच्या असल्या तरी त्यांनाही हे शक्य



जेमिनी - ३ हा अग्निबाण सोडताना

होईल. रेडिओ लहरी किंवा क्ष-किरणही बाहेर निघू शकतील. त्यामुळेच आपल्याला न्यूट्रॉन तारे सापडू शकतात.

आकाशातील कुठल्याही वस्तूच्या केंद्रबिंदूपासून जर आपण दुप्पट अंतरावर गेलो तर गुरुत्वाकर्षणाचा जोर एकचतुर्थांश होतो. उदाहरणार्थ, सूर्याच्या पृष्ठभागावर असताना तुम्ही त्याच्या केंद्रबिंदूपासून ६,९५,२०० किलोमीटरवर असता. तिथून जर तुम्ही अंतराळात ६,९५,२०० किलोमीटर प्रवास केलात तर तुम्ही केंद्रबिंदूपासून दुप्पट अंतरावर असाल आणि त्याचे गुरुत्वाकर्षण आता पूर्वीच्या तुलनेत एकचतुर्थांश इतकेच असेल.

न्यूट्रॉन ताऱ्यावर असताना तुम्ही त्याच्या केंद्रबिंदूपासून केवळ ८ किलोमीटरवर असाल. पृष्ठभागापासून फक्त ८ किलोमीटर प्रवास केलात तर तुम्ही त्याच्या केंद्रबिंदूपासून दुप्पट अंतरावर असाल आणि त्याचे गुरुत्वाकर्षण आता पृष्ठभागावरील गुरुत्वाकर्षणाच्या एक-चतुर्थांश इतकेच असेल. अंतराच्या प्रमाणात न्यूट्रॉन ताऱ्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचा जोर खूपच लवकर कमी होतो.

तुम्ही न्यूट्रॉन ताऱ्याच्या खूप जवळ आहात आणि तुमचे पाय ताऱ्याकडे आहेत अशी कल्पना करा. म्हणजे तुमच्या डोक्यापेक्षा तुमचे पाय त्याच्या जास्त जवळ असतील आणि तुमच्या पायांना त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचा जोर डोक्याहून अधिक जाणवेल. अंतराच्या प्रमाणात न्यूट्रॉन ताऱ्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचा जोर इतका लवकर कमी होतो की डोकें आणि पाय यांच्यातील इतक्या थोड्या अंतरातदेखील त्यात खूपच फरक पडतो. डोकें आणि पाय हे दोन्ही वेगवेगळ्या शक्तीने ओढले गेल्यामुळे तुम्ही चांगलेच जोरात ताणले जाल.

या ताणले जाण्याला 'टायडल इफेक्ट' किंवा 'भरती-ओहोटीचा सिद्धांत' असे म्हणतात. ज्या गोष्टीवर गुरुत्वाकर्षणाचा परिणाम होतो

ती वस्तू जर आकारमानाने खूप मोठी असेल तर गुरुत्वाकर्षणाचा जोर जरी कमी असला तरी असा परिणाम दिसू शकतो. चंद्राच्या गुरुत्वाकर्षणाने पृथ्वी थोडीशी ताणली जाते. चंद्राच्या बाजूकडील पाणी, चंद्राच्या विरुद्ध बाजूला असणाऱ्या पाण्याच्या मानाने अधिक ओढले किंवा ताणले जाते. त्यामुळेच समुद्राला भरती आणि ओहोटी येते. म्हणूनच या क्रियेला 'भरती-ओहोटीचा सिद्धांत' असे म्हटले जाते.



५ | कृष्णविवरांची निर्मिती

एखादा न्यूट्रॉन तारा किती प्रचंड वस्तुमानाचा असू शकेल? त्याचे वस्तुमान जितके अधिक असेल तितके त्याच्यातील गुरुत्वाकर्षण अधिक शक्तिशाली असेल. हा गुरुत्वाकर्षणाचा जोर जर खूपच मोठा असेल तर त्यातील सर्व न्यूट्रॉन एकमेकांवर आदळून फुटणार नाहीत का? हे न्यूट्रॉन काहीही सहन करू शकतात का?

जे. रॉबर्ट ओपेनहाइमर या अमेरिकन पदार्थविज्ञान शास्त्रज्ञाने १९३९ साली या प्रश्नाचा विचार केला. न्यूट्रॉन 'काहीही' सहन करू शकतील असे नाही, असे त्याला वाटले.

ढासळणाऱ्या वस्तूचे वस्तुमान जर सूर्याच्या ३.२ पटीहून अधिक असेल तर ढासळण्याच्या क्रियेत त्यातील इलेक्ट्रॉन आदळून फुटतील इतकेच नव्हे तर त्यातील न्यूट्रॉनचा देखील चक्काचूर होईल.

शिवाय, न्यूट्रॉनचा चक्काचूर झाल्यावर तिथे काही म्हणजे काहीच शिल्लक राहणार नाही त्यामुळे ही ढासळण्याची क्रिया पूर्ण होईपर्यंत कोणी थांबवू शकणार नाही.

सूर्याच्या वस्तुमानाची एखादी वस्तू अशा तऱ्हेने ढासळली तरी तिच्या गुरुत्वाकर्षणाचा जोर बदलणार नाही. तुम्ही जर अशा वस्तूपासून दूर अंतरावर असाल तर ही क्रिया होताना तुम्हाला काहीच फरक जाणवणार नाही.

अर्थात अशा वेळी तुम्ही जर त्या वस्तूच्या पृष्ठभागावर उभे असाल तर मात्र वेगळीच परिस्थिती असेल. तुम्ही तिच्या केंद्रबिंदूकडे अधिकाधिक ओढले जाऊ आणि तसे होताना गुरुत्वाकर्षणाचा जोर

३८ | शोध्यांच्या कथा | कृष्णविवरे

वाढत असल्याचे तुम्हाला जाणवेल.

ही ढासळण्याची क्रिया जेव्हा श्वेत बटूच्या टप्प्यापर्यंत येईल तेव्हा तुमचे वजन १,०१६ टनांहून जास्त झालेले असेल. जेव्हा त्याचा न्यूट्रॉन तारा होईल तेव्हा तुमचे वजन १ कोटी ५०० टन झालेले असेल. यानंतरही ही क्रिया अशीच चालू राहिली आणि काहीच नसण्याच्या टप्प्याला तुम्ही पोचलात, तर तुमचे वजन १ कोटी ५०० टनांहून वाढतच जाईल, वाढतच जाईल, वाढतच जाईल...

तसेच भरती-ओहोटी सारखा परिणामही आणखीच वाढत जाईल. गुरुत्वाकर्षणातून बाहेर पडण्यासाठीची गतीदेखील आणखी आणखी वाढतच जाईल.

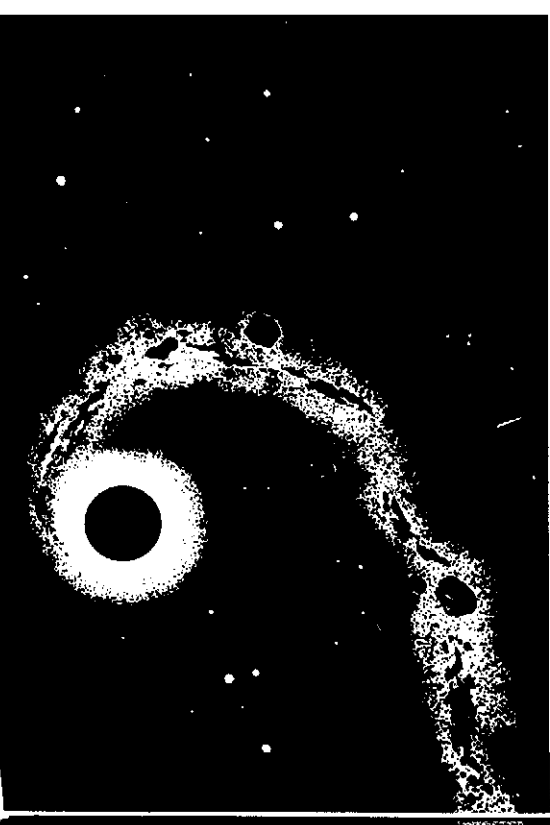
गुरुत्वाकर्षणातून बाहेर पडण्यासाठीची गती आता फार महत्त्वाची ठरते. न्यूट्रॉन ताऱ्याच्या टप्प्यापलीकडेही जेव्हा ही क्रिया सुरू राहते तेव्हा ही गती सेकंदाला २,९९,७८३ किलोमीटरहून अधिक होईपर्यंत वाढत जाते. तसे झाले की प्रकाश आणि रेडिओ लहरी, क्ष किरण किंवा इतर कोणतेही किरण त्यातून बाहेर पडू शकत नाहीत कारण त्यांची गती पुरेशी नसते. प्रकाशाच्या गतीपेक्षा काहीच अधिक वेगाने जाऊ शकत नाही, अशी शास्त्रज्ञांची खात्री आहे त्यामुळे त्यातून खरोखर काहीच बाहेर पडू शकत नाही. जर प्रकाश बाहेर येऊ शकला नाही तर इतर काही बाहेर येण्याचा प्रश्नच नाही.

जेव्हा एखादी वस्तू, त्यातून प्रकाशकिरणही बाहेर पडू शकणार नाहीत इतकी आकुंचन पावते, त्यावेळी तिच्या केंद्रबिंदूपासून ते पृष्ठभागापर्यंतचे अंतर 'श्वार्जचाइल्ड त्रिज्या' (श्वार्जचाइल्ड रेडियस) म्हणून ओळखले जाते. कार्ल श्वार्जचाइल्ड या जर्मन खगोलशास्त्रज्ञाने गणिताच्या सहाय्याने ते प्रथम मांडले.

सूर्याइतके वस्तुमान असणाऱ्या वस्तूसाठी 'श्वार्जचाइल्ड त्रिज्या'

शोध्यांच्या कथा | कृष्णविवरे | ३९

कृष्णविवर, वस्तू आत पडतात पण बाहेर मात्र काहीच येत नाही



२.९ किलोमीटर इतकी असेल. पृष्ठभागापासून केंद्रबिंदूपर्यंतची त्रिज्या २.९ किलोमीटर इतकी असेल आणि तेवढेच अंतर दुसऱ्या बाजूच्या पृष्ठभागापर्यंत असेल. याचाच अर्थ सूर्य जर ५.८ किलोमीटर रुंदीचा गोळा बनला आणि त्याचे वस्तुमान आहे तेवढे राहिले तर त्यातून प्रकाशकिरणही येऊ शकणार नाहीत आणि अर्थातच इतर काहीही बाहेर येऊ शकणार नाही.

अंतराळात कुठेतरी अशा एखाद्या लहान वस्तूची कल्पना करा. त्याच्याजवळून काहीही गेले तर ते त्याच्याकडे ओढले जाईल. भरती-ओहोटीच्या सिद्धांताप्रमाणे ताणले जाऊन त्याचे लहान लहान तुकडे होतील. हे छोटे तुकडे त्या लहान वस्तूभोवती फिरत राहून अखेर त्यातच

४० । शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे

पडतील. एकदा त्यात पडलेली कोणतीच गोष्ट बाहेर येऊ शकणार नाही.

ज्यात वस्तू पडतात आणि ज्यातून कधीच काही बाहेर येऊ शकत नाही अशी ही लहान वस्तू म्हणजे अंतराळातील एक भोक किंवा विवर बनेल. प्रकाश किंवा कोणतेच किरण यातून बाहेर पडू शकत नसल्यामुळे ते पूर्णपणे अंधारे, काळे असेल. म्हणूनच खगोलशास्त्रज्ञ याला 'ब्लॅक होल' किंवा 'कृष्ण विवर' असे म्हणतात.

शोधांच्या कथा । कृष्णविवरे । ४१

६ कृष्ण विवरांचा शोध

आपल्याला ही कृष्ण विवरे कशी शोधता येतील?

एखादे कृष्ण विवर जर आपल्या जवळपास असते तर त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचा प्रभाव आपल्याला समजला असता. पण समजा, आपल्यापासून खूप दूर अंतरावर ताच्यामध्ये कुठेतरी ते असेल तर आपल्याला ते कसे समजणार?

ते समजणे तसे कठीणच आहे. सूर्याच्या वस्तुमानाच्या कृष्ण विवराचा व्यास हा न्यूट्रॉन ताऱ्याच्या अर्ध्याहूनही कमी असेल. शिवाय, कृष्ण विवरातून कोणत्याही प्रकारचे किरणही बाहेर येत नसतील.

आकाराने इतके लहान आणि ज्यातून कसलेच किरणदेखील बाहेर येत नाहीत असे कृष्ण विवर शोधणार तरी कसे?

कदाचित, आपल्याला ती कधीच सापडणार नाहीत किंवा अशी कृष्ण विवरे खरोखर असतात तरी की नाही याची खात्री नसतानाच खगोलशास्त्रज्ञ त्याबद्दल बोलत असतील.

सुदैवाने यावर एक उपाय आहे. कृष्ण विवरातून जरी कोणतेही किरण बाहेर येऊ शकत नसले तरी जे प्रकृतिद्रव्य (मॅटर) कृष्ण विवरात पडते, ते पडताना त्यातून काही किरण बाहेर फेकले जातात. त्यात क्ष-किरण असू शकतात.

थोडेसे द्रव्य जर कृष्ण विवरात पडले तर त्यातून अगदी थोडेच क्ष-किरण बाहेर पडतील. कोट्यवधी किलोमीटरच्या अंतरावरून त्यांचा शोध घेण्यासाठी ते पुरेसे नसतील.

समजा, जर पुष्कळसे प्रकृतिद्रव्य सारखेच कृष्ण विवरात पडत

असेल तर? मग त्यातून निघणारे क्ष-किरण ही मोठ्या प्रमाणात असतील आणि ते शोधणे इतके कठीण जाणार नाही.

परंतु असे प्रकृतिद्रव्य प्रचंड प्रमाणात कृष्ण विवरात पडत असण्याची शक्यता फारच कमी आहे. अवकाश इतके रिकामे आहे हीच त्यातली खरी अडचण आहे. आपल्या सूर्याचे कृष्ण विवरात रूपांतर झाले अशी कल्पना करा. तरीही सर्व ग्रह बऱ्याच अंतरावरून त्याच्याभोवती फिरत राहतील पण त्यात पडणार नाहीत. त्यात पडण्यासारखे इतरही काही द्रव्य सूर्याच्या आसपास नाही.

पण याच कारण म्हणजे सूर्य हा एक एकांडा तारा आहे; त्याच्या ग्रहांखेरीज त्याला इतर कोणाचीच सोबत नाही. परंतु, आकाशातले जवळजवळ अर्धे-अधिक तारे जोडीने असतात. दोन तारे एकमेकांजवळून एकमेकांभोवती फिरत असणे ही सामान्य बाब आहे. कधी कधी यातील प्रत्येक तारा सूर्याहून मोठा असतो.

आता आपण अशी दोन मोठ्या ताऱ्यांची जोडी एकमेकांभोवती फिरत आहे अशी कल्पना करूया. त्यातील मोठ्या ताऱ्यातील इंधन अगोदर संपेल, त्याचे प्रचंड लाल ताऱ्यात रूपांतर होईल आणि मग त्याचा सुपरनोवा म्हणून स्फोट होईल.

या सुपरनोवातून खूपसे द्रव्य बाहेर फेकले जाईल आणि राहिलेले द्रव्य आकुंचन पावून त्याचे कृष्ण विवर बनेल. या स्फोटात बाहेर फेकले गेलेले बरेचसे द्रव्य दुसऱ्या ताऱ्यात जाऊन पडेल, त्यामुळे तो तारा पूर्वी होता त्यापेक्षा मोठा होईल.

कृष्ण विवर आणि त्याचा जोडीदार तारा असे दोघेही एकमेकांभोवती फिरत राहतील. जोडीदार तारा आता पूर्वीपेक्षा मोठा झाल्यामुळे त्यातील इंधन आता अधिक जलदगतीने संपू लागेल आणि त्याचाही प्रचंड लाल तारा होण्यास सुरुवात होईल.



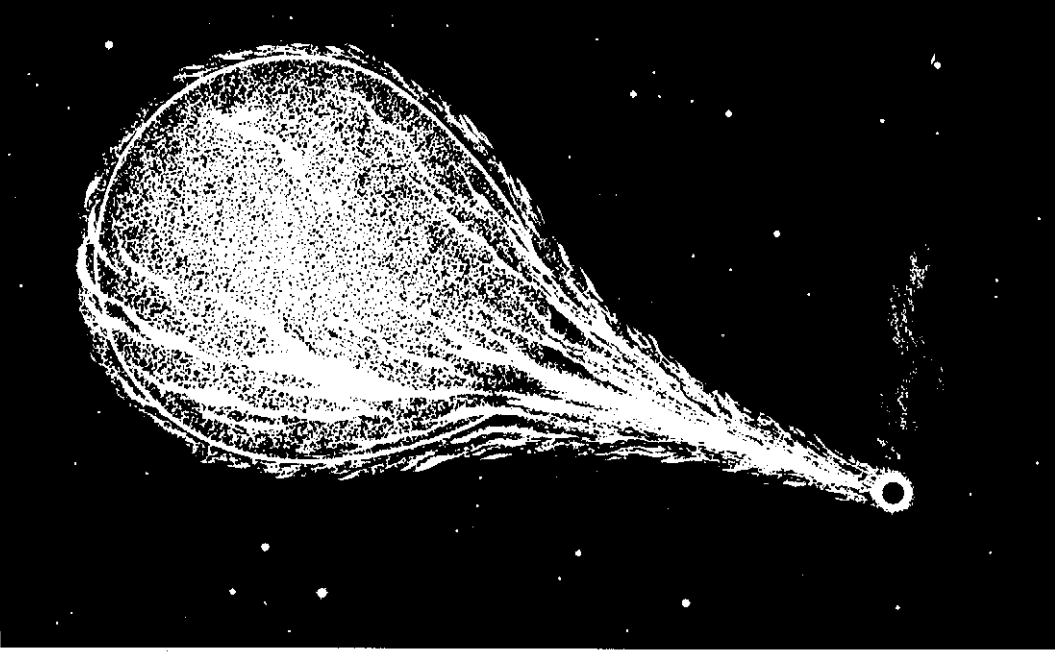
या नव्या प्रचंड लाल ताऱ्याचे कृष्ण विवराच्या बाजूला असणारे सर्वात बाहेरील आवरण भरती-ओहोटीच्या सिद्धांतानुसार कृष्ण विवराकडे ताणले जाईल. प्रचंड लाल ताऱ्यातील काही द्रव्य निसटून ते कृष्ण विवरात पडेल आणि त्यावेळी त्यातून खूप मोठ्या प्रमाणावर क्ष-किरण बाहेर पडतील.

ही क्रिया हजारो वर्षे चालू राहील व त्या काळात त्यातून क्ष-किरण मोठ्या प्रमाणात सर्व दिशांना फेकले जातील आणि प्रचंड अंतरावरूनदेखील ते सापडू शकतील.

आकाशातील ज्या भागातून क्ष-किरण येतात त्यांचा पृथ्वीवरील खगोलशास्त्रज्ञांना विचार करावा लागेल. ते जर एका विशिष्ट बिंदूतून येत असतील तर ते एखाद्या ढासळलेल्या ताऱ्यातून येत आहेत असा अर्थ होईल, तो एखाद्या न्यूट्रॉन तारा किंवा कृष्ण विवर असू शकेल.

तो जर न्यूट्रॉन तारा असेल तर हे क्ष-किरण, तो न्यूट्रॉन तारा जसा स्वतःभोवती फिरेल त्याप्रमाणे जलद फवाऱ्यांच्या स्वरूपात येतील. जर ते कृष्ण विवर असेल तर हे क्ष-किरण सलगपणे येत राहतील कारण ते कृष्ण विवरातून न येता त्यात पडणाऱ्या द्रव्यातून येत असतील. तसेच ते जर कृष्ण विवरातून येत असतील तर ते कमी-अधिक प्रमाणात येत रहातील कारण त्यात पडणारे द्रव्य कमी-अधिक असू शकेल.

अशा तऱ्हेच्या क्ष-किरणांच्या उगमाचे स्थान सर्वप्रथम १९६५ साली 'सिग्नस' किंवा हंस या तारकासमूहात आढळून आले. या उगमस्थानातून येणारे क्ष-किरण बरेच शक्तिशाली होते आणि त्या स्थानाला 'सिग्नस क्ष-१' असे नाव देण्यात आले. त्यानंतर दोन वर्षांनी जेव्हा पल्सरचा पहिल्याने शोध लागला तेव्हा सिग्नस क्ष-१ हा देखील एक पल्सरच असू शकेल, म्हणजे तो एक न्यूट्रॉन तारा असेल अशी काही खगोलशास्त्रज्ञांना शंका आली.



क्ष-किरणांच्या उगमांच्या स्थानासंबंधी खगोलशास्त्रज्ञांना नुकतीच माहिती होऊ लागली होती त्यामुळे तेवढ्या माहितीवरून निश्चित अनुमान करणे शक्य नव्हते.

त्यानंतर १९६९ साली अवकाशातील क्ष-किरणांचा शोध घेणारी उपकरणे असलेला एक विशेष उपग्रह अंतराळात सोडण्यात आला. या उपग्रहाने क्ष-किरणांच्या उगमाची १६१ स्थाने शोधून काढली आणि पहिल्यांदाच खगोलशास्त्रज्ञांना बरीचशी माहिती अभ्यासासाठी उपलब्ध झाली.

१९७१ सालापर्यंत उपग्रहातील उपकरणांनी पाठवलेल्या माहितीवरून असे लक्षात आले की सिग्नस क्ष-१ मधून येणाऱ्या क्ष-किरणांच्या क्षमतेत अनियमितपणे कमी-अधिक प्रमाण दिसून येत होते. म्हणजे सिग्नस क्ष-१ हा न्यूट्रॉन तारा नाही असा याचा अर्थ होतो. ते एक कृष्ण विवर असेल का याचा खगोलशास्त्रज्ञ विचार करू लागले.

आकाशातून क्ष-किरण येत असणाऱ्या स्थानाचा अभ्यास केल्यावर त्याच ठिकाणाहून रेडिओ लहरीदेखील येत आहेत असा त्यांना शोध लागला. क्ष-किरण आणि रेडिओ लहरी या दोन्हीच्या सहाय्याने आकाशातील हे नेमके स्थान शास्त्रज्ञांनी शोधून काढले. हे स्थान एका दिसणाऱ्या ताऱ्याच्या अगदी जवळ असल्याचे त्यांच्या लक्षात आले. ताऱ्यांच्या कॅटलॉग किंवा तालिकेत एच डी-२२६८६८ असे त्याचे नाव दिलेले होते.

एच डी-२२६८६८ हा एक मंद तारा आहे. कारण तो खूपच दूर आहे. तो १०,००० प्रकाशवर्षे दूर असू शकेल, म्हणजे तो व्याधापेक्षा जवळजवळ १,१०० पट दूर असेल.

अंतराच्या दृष्टीने विचार केला की या ताऱ्याचे वस्तुमान सूर्याच्या ३० पट असेल असे लक्षात येते. तसेच हा मोठा तारा एकटा नाही तर

तो दर ५.६ दिवसात दुसऱ्या एका ताऱ्याभोवती एक प्रदक्षिणा करतो. इतक्या कमी अवधीत प्रदक्षिणा पूर्ण करण्यासाठी हे दोन्ही तारे एकमेकांपासून बरेच जवळ असणार.

क्ष-किरण एच डी-२२६८६८ मधून येत नसून त्याच्या अगदी निकटच्या एका स्थानातून येत आहेत. खरे पाहता हे क्ष-किरण, एच डी-२२६८६८ ज्या जोडीदार ताऱ्याभोवती फिरत आहे, त्यातून येत आहेत.

एच डी-२२६८६८ ज्या गतीने ही प्रदक्षिणा करत आहे त्याचा अभ्यास करून या जोडीदार ताऱ्याचे वस्तुमान सूर्याच्या ५ ते ८ पट असावे, असा अंदाज खगोलशास्त्रज्ञ करू शकले.

तरीही हा जोडीदार तारा ज्या ठिकाणी असायला हवा तिथे पाहता काहीच दिसत नव्हते. तो जर सूर्याच्या ५ ते ८ पट मोठा असणारा सामान्य तारा असता तर जरी तो १०,००० प्रकाशवर्षे अंतरावर असला तरीही दुर्बिणीतून दिसण्याइतका तेजस्वी नक्कीच असायला हवा.

तो दिसत नाही याचे कारण तो ढासळलेला तारा असणार. श्वेत बटू किंवा न्यूट्रॉन तारा इतक्या अंतरावरून दिसणार नाही हे खरे, पण इतक्या मोठ्या वस्तुमानाचा श्वेत बटू किंवा न्यूट्रॉन तारा निश्चितच याहून अधिक आकुंचन पावल्यावाचून राहणार नाही.

या सर्व कारणांमुळे सिग्नस क्ष-१ हे सर्वात प्रथम शोध लागलेले एक कृष्ण विवर आहे असे अनेक खगोलशास्त्रज्ञांचे मत आहे. अशी आणखी अनेक कृष्ण विवरे असू शकतील.

तारे आकुंचन पावल्यामुळे कृष्ण विवरे तयार होतात हे आण पालिले. अशा कृष्ण विवरांचे वस्तुमान ताऱ्याएवढेच असते पण जसजशी आणखी प्रकृतिद्रव्याची त्यात भर पडत जाते, तसे ते आणखी वाढते. या उलट लहान वस्तूदेखील अतिदाब देऊन एकत्र ठासल्या तर कृष्ण

विवरे बनू शकतात.

विश्वाची उत्पत्ती होताना म्हणजेच 'बिग बॅन्ग' किंवा महाप्रचंड स्फोट होताना असेच झाले असेल असे मत स्टिफन हॉकिंग या इंग्रज शास्त्रज्ञाने १९७१ साली मांडले. आता आण ज्वाला विश्व म्हणतो त्या सर्व प्रकृतिद्रव्याचा (मॅटर) ज्यावेळी स्फोट झाला, त्यावेळी काही द्रव्य इतके एकत्र ठासले गेले असेल की त्यामुळे अनेक लहान लहान कृष्ण विवरे तयार झाली असतील. त्यापैकी काहींचे वस्तुमान एखाद्या लहान ग्रहाइतके किंवा त्याहूनही कमी असू शकेल, त्यांना छोटी कृष्ण विवरे किंवा मिनी ब्लॅक होल्स असे म्हणतात.

कृष्ण विवरांचे वस्तुमान कमीदेखील होऊ शकते असेही हॉकिंग यांनी दाखवून दिले. श्वाईचाइल्ड त्रिज्येबाहेरील गुरुत्वाकर्षणातील काही ऊर्जेचे रूपांतर कणांमध्ये होते आणि असे कण बाहेर निसटू शकतात. अशा निसटणाऱ्या कणांबरोबर कृष्ण विवराचे काही वस्तुमानही कमी होते किंवा अशा तऱ्हेने नाहीसे होते.

एखाद्या ताऱ्याएवढे वस्तुमान असणाऱ्या मोठ्या कृष्ण विवरातून अशा तऱ्हेने वस्तुमान कमी होण्याची गती इतकी संथ असते की एखादे कृष्ण विवर नाहीसे होण्यास कोट्यवधी वर्षे लागतील. त्या काळात त्यातून जितके द्रव्य नाहीसे होईल त्यापेक्षा अधिक द्रव्य त्यात येऊन पडले असेल, त्यामुळे वास्तविक ते कधीच नाहीसे होणार नाही.

कृष्ण विवर जितके लहान असेल तितक्या जलदगतीने ते विरून जाईल आणि त्याला अधिक द्रव्य मिळण्याची संधीच राहणार नाही.

अगदी लहान कृष्ण विवराची द्रव्य जमा करण्याची गती ही द्रव्य नाहीसे होण्याच्या गतीहून बरीच कमी असेल. त्यामुळे ते लहान होईल आणि त्यानंतर आणखी जलदगतीने त्यातील द्रव्य विरत जाऊन आणखीच लहान होईल. अखेर ते अगदी छोटे झाल्यावर एक प्रकारचा

स्फोट होऊन ते पूर्णपणे नाहीसे होईल. अशा स्फोटातून क्ष-किरणांच्यापेक्षाही अधिक ऊर्जा असणारे गामा किरण बाहेर फेकले जातील.

बिग बॅंग म्हणजे विश्वाच्या उत्पत्तीच्या वेळी झालेल्या महाप्रचंड स्फोटाच्या वेळी म्हणजे १,५०० कोटी वर्षांपूर्वी निर्माण झालेली छोटी कृष्ण विवरे (मिनी ब्लॅक होल्स) आता नाहीशी होऊ लागली असतील. त्यासाठी ती सुरुवातीला कोणत्या वस्तुमानाची असावी लागतील आणि त्यांचा स्फोट होईल तेव्हा त्यातून कशा प्रकारचे गामा किरण किती प्रमाणात बाहेर पडतील याचे गणित हॉकिंगने मांडले.

हॉकिंगने वर्तवल्याप्रमाणे त्या प्रकारचे गामा किरण जर खगोलशास्त्रज्ञांना सापडले तर अशी छोटी कृष्ण विवरे निर्माण झाली होती आणि ती अजूनही अस्तित्वात असू शकतील याचा ठोस पुरावाच शास्त्रज्ञांना मिळेल. अजूनपर्यंत तरी अशा प्रकारचे गामा किरण सापडलेले नाहीत.

पण आता केव्हाही ते सापडू शकतात. शिवाय सिग्नास क्ष-१ आहेच की.

कदाचित खगोलशास्त्रज्ञांना लवकरच कृष्ण विवरांची अधिक माहिती मिळू शकेल आणि त्यातून कदाचित त्यांच्यासंबंधी आणखी काही आश्चर्यकारक गोष्टींचा शोध लागेल. त्यामुळे विश्वाचे आपल्याला आता आहे त्याहून अधिक ज्ञान होण्यास मदत होईल.

